

İSTANBUL MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
GÜZEL SANATLAR TASARIM VE MİMARLIK FAKÜLTESİ

MSTAS 2023

XVII. MİMARLIKTA SAYISAL TASARIM
ULUSAL SEMPOZYUMU

BİLDİRİ KİTABI

DEVİNİM.DEĞİŞİM.DÖNGÜ

 **MEDİPOL**
UNV-YAYIN
MEDİPOL UNIVERSITY PRESS

EDİTÖRLER
ŞEHNAZ CENANİ DURMAZOĞLU
YAZGI AKSOY
ERENALP SALTİK

MSTAS 2023

DEVİNİM.DEĞİŞİM.DÖNGÜ

XVII. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu
17-20 Haziran 2023, İstanbul



Düzenleyen

İstanbul Medipol Üniversitesi

Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü tarafından düzenlenmiştir.



MEDİPOL
UNV-YAYIN
MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
YAYINLARI

MSTAS 2023

DEVİNİM.DEĞİŞİM.DÖNGÜ

XVII. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu
17-20 Haziran 2023, İstanbul



Düzenleyen

İstanbul Medipol Üniversitesi

Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü tarafından düzenlenmiştir.



MEDİPOL
UNV-YAYIN
MEDİPOL ÜNİVERSİTESİ
YAYINLARI

MSTAS 2023
DEVİNİM.DEĞİŞİM.DÖNGÜ

XVII. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu

Düzenleme Kurulu

Dr. Öğr. Üyesi Şehnaz CENANİ DURMAZOĞLU

Dr. Öğr. Üyesi Yazgı AKSOY

Dr. Öğr. Üyesi Zülal Nurdan KORUR

Öğr. Gör. Erenalp SALTİK

Araş. Gör. Zübeyde KESKİN

Araş. Gör. Nursena COŞKUN MÜŐTEKİN

Danışma Kurulu

Prof. Dr. H. Attila DİKBAŞ

Prof. Dr. A. Zeynep SÖZEN

Prof. Dr. M. Birgül ÇOLAKOĞLU

Prof. Dr. Mine ÖZKAR

Prof. Dr. Gülen ÇAĞDAŞ

Prof. Dr. Arzu GÖNENÇ SORGUCU

Editorial Sekreteryası

Araş. Gör. Zübeyde KESKİN

Araş. Gör. Nursena COŞKUN MÜŐTEKİN

Grafik Tasarım

Medicomia

Kapak

Dr. Öğr. Üyesi Şehnaz CENANİ DURMAZOĞLU

e-ISBN

978-605-4797-65-3

© İstanbul Medipol Üniversitesi

Bu kitabın her hakkı saklıdır ve tüm yayın hakları “İMÜ Rektörlüğü'ne” aittir. Bu kitabın tamamı ya da herhangi bir bölümü yayınevının izni olmaksızın yayınlanamaz, basılamaz, mikrofilme çekilemez, dolaylı dahi olsa kullanılamaz. TEKSİR, FOTOKOPİ veya başka teknikle çoğaltılamaz, bilgisayarda, dizgi makinalarında işlenebilecek bir ortama aktarılamaz. Kitapta yayınlanan tüm yazı ve görsellerin sorumluluğu yazar/ yazarlara aittir.

Bilim Kurulu

Ahmet Emre DİNÇER
Karabük Üniversitesi

Aliye Senem DEVİREN
Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi

Arzu GÖNENÇ SORGUÇ
Orta Doğu Teknik Üniversitesi

Ash AĞIRBAŞ
Özyeğin Üniversitesi

Ash KANAN
İstanbul Teknik Üniversitesi

Ayşe Zeynep SÖZEN
İstanbul Medipol Üniversitesi

Ayşegül AKÇAY KAVAKOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi

Benay GÜRİSOY TOYKOÇ
Pennsylvania State University

Can UZUN
Altınbaş Üniversitesi

Çetin TÜKER
*Mimar Sinan Güzel Sanatlar
Üniversitesi*

Derya Güleç ÖZER
İstanbul Teknik Üniversitesi

Elif ENSARİ SUCUOĞLU
NYU Marron Institute

Elif Belkıs ÖKSÜZ
Nişantaşı Üniversitesi

Emirhan COŞKUN
Haliç Üniversitesi

Emre KİSHALI
Kocaeli Üniversitesi

Ersan KOÇ
Bursa Teknik Üniversitesi

Ethem GÜRER
İstanbul Teknik Üniversitesi

Faruk Can ÜNAL
KU Leuven

Fulya ÖZSEL AKİPEK
İstanbul Bilgi Üniversitesi

Gamze DANE
*Eindhoven University of
Technology*

Güzden VARİNLİOĞLU
İzmir Ekonomi Üniversitesi

Hüseyin Attila DİKBAŞ
İstanbul Medipol Üniversitesi

Hatice Günsel DEMİRKOL
Eskişehir Teknik Üniversitesi

İlker ERKAN
Süleyman Demirel Üniversitesi

Kutay KARABAĞ
İstanbul Bilgi Üniversitesi

Leman Figen GÜL
İstanbul Teknik Üniversitesi

Mehmet Ali ALTIN
Eskişehir Teknik Üniversitesi

Mehmet İNCEOĞLU
Eskişehir Teknik Üniversitesi

Meltem AKSOY
İstanbul Teknik Üniversitesi

Meryem Birgül ÇOLAKOĞLU
İstanbul Teknik Üniversitesi

Mine ÖZKAR
İstanbul Teknik Üniversitesi

Neşe ÇAKICI ALP
Kocaeli Üniversitesi

Orkan Zeynel GÜZELCİ
Universidade do Porto

Özgün BALABAN
Columbia University

Bilim Kurulu

Özgür EDİZ
Uludağ Üniversitesi

Özlem KANDEMİR
Eskişehir Teknik Üniversitesi

Pınar ÇALIŞIR ADEM
Yeditepe Üniversitesi

Sabri GÖKMEN
Kadir Has Üniversitesi

Sema ALAÇAM
İstanbul Teknik Üniversitesi

Semra ARSLAN SELÇUK
Gazi Üniversitesi

Serbülent VURAL
Karadeniz Teknik Üniversitesi

Serdar AYDIN
Mardin Artuklu Üniversitesi

Sevil YAZICI
İstanbul Teknik Üniversitesi

Şehnaz CENANİ DURMAZOĞLU
İstanbul Medipol Üniversitesi

Şule TAŞLI PEKTAŞ
OSTİM Teknik Üniversitesi

Tuba KOCATÜRK
Deakin University

Tuğrul YAZAR
İstanbul Bilgi Üniversitesi

Yazgı AKSOY
İstanbul Medipol Üniversitesi

Zülal Nurdan KORUR
İstanbul Medipol Üniversitesi

ÖNSÖZ

Doğadaki devinim değişimleri oluştururken bu değişimler sonucunda yeni bir dengeye ulaşım süreci ortaya çıkar ve bu süreç sürekli bir döngü halindedir. Böylesi bir döngüsel sürecin parçası olan dördüncü endüstri devrimi, insanlık tarihindeki önemli dönüm noktalarından biri olarak tüm disiplinlerde olduğu gibi mimarlık alanında da çevresel, ekonomik ve sosyal değişimleri beraberinde getirmiştir ve denge arayışı sürecinde sürdürülebilirlik kavramının yeniden ele alınmasının önünü açmıştır. Şehirleşmeyle üretim ve tüketim merkezleri değişirken iklim tarafsızlığına ulaşmak için düşük karbonlu şehirlerin tasarlanması, döngüsellik ve sera gazı emisyonlarının azaltılması arasındaki etkileşimin hızlandırılması gerekmektedir. Dünyadaki karbon emisyonlarının büyük bir bölümü endüstri, ulaşım ve binalardan kaynaklanmakta, hesaplamalı tasarım sistemleri gelişen teknolojiler aracılığıyla uzaktan iş birliği oluşturulmasına yeni olanaklar sunmakta ve karbon emisyonlarını azaltma konusunda sürdürülebilirlik açısından ek avantajlar sağlamaktadır. Geleceğin ekolojik problemlerinin ele alınması sırasında yeni iş birlikleri oluşturmak için farklı tasarım disiplinlerine önemli sorumluluklar düşmektedir. Bu bağlamda, Birleşmiş Milletler ve ortakları, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'na ulaşılması amacıyla insanların karşı karşıya kaldığı ana sorunların çözümü için çalışmaktadır. Yapılı çevrede döngüsel ekonomi ve iklim değişikliğine uyum ile ilişkili bir eylem planının uygulanması, karar vericilerin sürdürülebilir kalkınmayı ve çevreci politikaları desteklemesi ve geliştirilmesine katkı sunması, tasarımda akıllı ve sürdürülebilir malzemelerin kullanımı, sıfır enerjili yapı ve şehirlerin tasarlanması ve bu konuları destekleyen tasarım modellerinin geliştirilmesi son derece önemlidir. İstanbul Medipol Üniversitesi, Güzel Sanatlar Tasarım ve Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü ev sahipliğinde düzenlenen ve Devinim.Değişim.Döngü teması ile yola çıkan XVII. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu (MSTAS 2023), toplumların karşılaştığı günümüzün sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik ile ilgili sorunlarının ve potansiyellerinin hesaplamalı tasarım yöntemleri ile değerlendirilmesine odaklanmıştır.

Sempozyum Düzenleme Kurulu ve sempozyum kitabının editörleri olarak, bilim kurulunun üyelerine hakemlik sürecindeki özenli incelemeleri, danışma kurumumuza, oturum başkanlarımıza ve davetli konuşmacılarımıza da değerli katkıları için teşekkür ederiz. İstanbul Medipol Üniversitesi olarak XVII. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu'na ev sahipliği yapmak büyük bir ayrıcalıktı. MSTAS 2023'te sunulan bildirimlere ait tam metinlere yer verdiğimiz bu kitabın hesaplamalı tasarım alanındaki literatüre katkı sağlayarak yeni araştırmaların önünü açmasını ve bu araştırma alanında çalışan araştırmacıların kitabı beğenmesini diliyoruz.

MSTAS 2023 Düzenleme Kurulu
Haziran 2023

İÇİNDEKİLER

BİLDİRİLER

Kompleks Cephe Tasarımlarında Makine Öğrenme Eğrileri: Tahminleme modelleri doğru optimizasyonu beraberinde getiriyor mu? 1
Berk Ekici

Kentsel Yeşil Altyapıların Performans Analizi İçin Sayısal Bir Yöntem Önerisi: Boğaziçi Kentsel Ekosistemi Örneği 22
Bahar Başer Kalyoncuoğlu, Chouaib Guerrou, Jale Gürel

An Inclusive Framework for Design Intentionality in the Age of Computation 40
Duygu Tüntaş

YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik Konularını İçeren 2017-2022 Yılları Arasında Yayınlanan Makalelerin Bibliyometrik Analizi 60
Hatice Şen, Sibel Macit İlal

Circular Buyukada: Circular & Digital Transformations 77
Meryem Birgül Çolakoğlu, Uğur Sarışen, Melisa Aslan

Mimarlıkta Seri Üretimi Kişiselleştirmeye Yönelik Kullanıcı Merkezli Bir Veri Çerçevesi 97
Doğa Çakmak, Faruk Can Ünal

Virtual Prototyping In Production Systems - Use of Modular Materials 112
Ahsen Zeynep Doğan, Sevil Yazıcı

Computational Design and Fabrication of Adobe-Hemp Mixture as a Vernacular Composite Material 126
Yaşar Emir Karacı, Sevil Yazıcı

Exploring the Research Trajectories in VR Game Environments: A Systematic Review on Spatial Ability and Presence Relationship 139
Merve Taşdelen, Derya Güleç Özer, Ayşegül Akçay Kavakoğlu

Sayısal Ekosistemlerde Yersizlik Bağlamında Üretilen Mimari Tasarımlarda Mekân, Mimarlık ve Mimar Kavramlarının Değişimi: Metaverse Ekosistemi 158
Ashhan Fedakar

İç Mimarlık Lisans Eğitimi Müfredatında Sayısal Tasarım Derslerinin Niceliksel Analizi 175
Filiz Tavşan, Nisa Nur Göksel

Form Bulma Arayışında Izgara Kabuk Sistemlerin Mimarlık Eğitiminde Değerlendirilmesi187

Tayibe Seyman Güray, Burcu Kısmet

Mimarlık Eğitiminde Çalıştay Deneyimi: Erken Tasarım Aşamasında Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği 201

Burcu Kısmet

Rethinking the Originality of Parametric Patterns for Architectural Design: A Classification of Geometric Variations219

Buse Bölek, Hatice Günseli Demirkol

Interior Design with Metaheuristics: A Prototype Application231

Buse Bölek, Mehmet Ali Altın, Hakan Özbaşaran

Towards Story-telling AI in Architecture as Human-Machine System: The Case of “the Fountainhead”243

Şule Taşlı Pektaş, Bilge Sağlam

ÇALIŞTAYLAR

Temel Tasarım ve Sanal Gerçeklik262

Dilara Erdoğan, Nuray Benli Yıldız

Yapay Zekâ ve Mimarlık263

Mohamed Ahmed Mohamed Abdellatif Khalil

Sanal Gerçeklik Ortamında İş Birlikli Tasarım.....264

Çağdaş Durmazoğlu, Şehnaz Cenani, Ennur İncesakal

Topografik Yüzeyin Dijitalleşme Sürecindeki Dönüşümleri265

Zülal Nurdan Korur, Güliz Sevgi Kabasoğlu

Genetik Algoritmalar ile Form Alternatifleri Üretimi266

Erenalp Saltık

BIM ve Analiz267

Tahir Akkoyunlu

DAVETLİ KONUŞMACILAR

BİGE TUNÇER

Bigge Tunçer is an Associate Professor at the Architecture and Sustainable Design Pillar of Singapore University of Technology and Design (SUTD), where she leads the Informed Design Lab. The lab's research focuses on (big) data informed design and planning support, and focuses on data collection, information and knowledge modelling and visualization, for informed architectural and urban design. Dr Tunçer received her PhD in Architecture (design informatics) from Delft University of Technology (TU Delft), her MSc (computational design) from Carnegie Mellon University, and her BArch from Middle East Technical University. She was an assistant professor at TU Delft, a visiting professor at the Chair of Information Architecture at ETH Zurich, a visiting scholar at MIT, and a visiting professor at the Computer Engineering Department of University of Pavia, Italy. Her research interests include evidence based design, big data informed urban design, and design thinking. She leads and participates in various large multi-disciplinary research projects in evidence informed design, IoT, and big data. She has taught many design computation and studio courses to undergraduate and graduate students. Currently she leads and teaches Capstone, where student groups from various engineering directions and architecture work together on industry defined and funded design projects and develop design prototypes.

ONUR YÜCE GÜN

Onur Yüce Gün is a seasoned computational design leader, researcher, and instructor. Trained as an architect, Onur holds a Masters in Design and Computation, and a Ph.D. in Computation with a minor in Media Arts and Sciences earned at the Massachusetts Institute of Technology. Recognized by TEDx, and Time Magazine's best inventions lists, Onur's work has been internationally published, exhibited, and awarded. His papers won awards at eCAADe and CAADRIA. His work has been exhibited at the Center for Architecture AIA New York Chapter, SIGGRAPH, Centre Pompidou in Paris, and the Tokyo Gallery A4. His computational architecture work got published in Routledge's seminal book, Elements of Parametric Design. Onur has been building and leading computational design teams across industries and academia. He instituted the Computational Geometry Group at Kohn Pedersen Fox, NY, in 2006. In 2009, he co-developed the curriculum and co-directed İstanbul Bilgi University's undergraduate program in architecture. In 2016,

he joined New Balance Athletics to build the internal Computational Design Team. In 2022, he consulted Samsung Research America to help the tech giant build their first ever Computational Design Department. Onur taught at MIT, RISD, and Adolfo Ibáñez University in Chile. Onur is currently the Director of Computational Design at New Balance, where he develops end-to-end computational design workflows and futuristic concepts. Onur played a crucial role in the R&D process of Triplecell, New Balance's 3D printing technology, and designed the 3D-printed forefoot component of the limited-edition Fuel Cell Echo Triple that was published in Popular Science in 2019. Today, Onur leads the New Balance Computational Design Team with value-driven innovational thinking while attending to the broad history of computational thinking and making, from Turing to AI diffusion models.

TİMUR DOĞAN

Timur Dogan is an Associate Professor in the Department of Architecture and the director of the M.Arch. Program and the Environmental Systems Lab. Dogan is also the chair of the faculty advisory board at the Cornell Atkinson Center for Sustainability, and a field member of the Department of Architecture, Department of City and Regional Planning, the School of Civil and Environmental Engineering, as well as the Systems Engineering program. Dogan holds a Ph.D. from MIT, an MDES from Harvard GSD, and a Dipl. Ing. in architecture with distinction from the Technical University Darmstadt. Dogan's mission with Cornell and the Environmental Systems Lab is to enhance the knowledge of sustainable building technologies through innovative educational programming and strategic research at the intersection of design, computer science, building performance simulation, and urban geospatial analysis. His research expertise is in daylighting, energy modeling, passive climate control strategies, and performance-driven design workflows at urban and architectural scales. The Environmental Systems Lab's research outcomes are sustainable design analysis methods, workflows, teaching concepts, computer-based design tools, and building component prototypes.

XVII. MİMARLIKTA SAYISAL TASARIM ULUSAL SEMPOZYUMU
MSTAS 2023

DEVİNİM

DEĞİŞİM

DÖNGÜ

BİLDİRİLER

Kompleks Cephe Tasarımlarında Makine Öğrenme Eğrileri: Tahminleme Modelleri Doğru Optimizasyonu Beraberinde Getiriyor mu?

BERK EKİCİ 
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü
berkekici@iyte.edu.tr

ÖZET

Birleşmiş Milletler Sürdürülebilirlik Kalkınma Hedefleri kapsamında sürdürülebilir bina performansına daha etkin bir şekilde ulaşılması hedeflenerek, araştırmacılar ve profesyoneller yapay zekâ yöntemlerini giderek artan bir şekilde tasarım süreçlerine dahil etmektedir. Makine öğrenmesi ile optimizasyon, bu bağlamda öne çıkan uygulamalar arasında yer almaktadır. Amaç, tahmin modelleri geliştirerek simülasyon gerektiren performans hedeflerini optimize ederken, gerekli olan hesaplama zamanının indirgenmesidir. Geliştirilen tahmin modellerinin doğruluğunu değerlendiren yöntemlerin genel yaklaşımı, toplanan sınırlı veri üzerinden bir çıkarım yapmaya yöneliktir. Halbuki, optimizasyon algoritmaları en iyi tasarım alternatifine ulaşabilmek için, arama alanlarındaki farklı bölgelere sıçrayabilme özelliğini taşımaktadır. Bu sebeple, sadece toplanan örnekler üzerinden tahmin modellerinin doğruluğunu test etmek, makine öğrenmesi ile optimizasyon sürecinde tahmin edilen sonucun gerçek arama alanında çok daha farklı bir sonuca karşılık gelmesi durumunu doğurabilmektedir. Bu çalışmanın amacı farklı makine öğrenme algoritmalarını kullanarak geliştirilen tahmin modellerinin optimizasyon süreçlerinde ne kadar doğru sonuçlar üretebildiğini araştırmaktır. Bu kapsamda makine öğrenmesi kullanarak optimizasyon sonuçlarının doğruluğunun test edildiği yeni bir yöntem sunulmuştur. 27 tasarım parametresine sahip 3 katlı bir binada yer alan kompleks bir parametrik cephe modeli, aydınlatma ve solar radyasyon simülasyon modellerine entegre edilerek geliştirilmiştir. Literatürde yaygın bir şekilde kullanılan yapay sinir ağları (ANN), çoklu doğrusal regresyon (MLR), destek vektör makineleri (SVM), rastgele orman (RF) ve karar ağacı (DT) algoritmaları 250 ile 2000 örneğe sahip toplanan her bir veri seti üzerinde aydınlatma ve solar radyasyon performans hedeflerine uygulanmıştır. Tahmin

sonuçlarının optimizasyon sonuçları ile kıyaslanması adına yüksek zaman gerektiren fonksiyon değerlendirmeleri üzerine geliştirilen radyal tabanlı işlev yöntemi ile optimizasyon (RBFOpt) algoritması tek hedefli ve iki kısıt fonksiyonu olan bir optimizasyon probleminde kullanılmıştır. Çalışma sonunda elde edilen sonuçlar, sadece toplanan örneklere dayanan tahmin modellerinin optimizasyon sürecinde hatalı sonuçlara neden olabileceğini göstermektedir. Makine öğrenmesi algoritmaları toplanan veriler hakkında doğru tahminlerde bulunabilirken, bu tahminler optimizasyon süreci boyunca toplanan verilerin dışına çıktığı zaman yanlış tahmin sonuçlarını doğurabilmektedir. Bu kapsamda önerilmiş olan yöntem karar vericiler için hangi makine öğrenmesi algoritmasının daha doğru optimizasyon sonuçları verebileceği hakkında yardımcı olmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Parametrik cephe tasarımı, Makine öğrenmesi, Optimizasyon, Öğrenme eğrileri, Performansa dayalı tasarım, Sürdürülebilir binalar

Machine Learning Curves in Complex Façade Designs: Do predictive models bring along the correct optimization?

BERK EKİCİ 
İzmir Institute of Technology
berkekici@iyte.edu.tr

ABSTRACT

Within the scope of the United Nations Sustainability Development Goals, researchers and professionals are increasingly incorporating artificial intelligence methods into design processes to achieve sustainable building performance more effectively. Optimization with machine learning is one of the prominent applications in this context. The aim is to optimize performance targets that require simulation with predictive models while reducing the computational time required. The general approach of the methods that evaluate the accuracy of the developed prediction models is to make an inference based on the collection of limited data. However, optimization algorithms can jump to different regions in the search space in order to reach the best design alternative. For this reason, testing the accuracy of prediction models, only considering the collected samples, may lead to a situation where the predicted result in the optimization process may correspond to a different solution in the actual search space. This study aims to investigate the accuracy of the prediction models developed by different machine learning algorithms that can estimate accurate results in optimization processes. In this context, a new method is presented to test the accuracy of optimization results using machine learning. A complex parametric façade model of a 3-story building with 27 design parameters is developed by integrating lighting and solar radiation simulation engines. Artificial neural networks (ANN), multiple linear regression (MLR), support vector machines (SVM), random forest (RF) and decision tree (DT) algorithms, which are widely used in the literature, are applied to lighting and solar radiation performance targets on each collected data set with 250 to 2000 samples. In order to compare the prediction results

with the optimization results, the radial basis function optimization (RBFOpt) algorithm, which was developed for computationally expensive function evaluations, was used in an optimization problem having single objective and two constraint functions. The results obtained at the end of the study show that the prediction models, which only based on the collected samples, may cause incorrect results in the optimization process. While machine learning algorithms can make accurate estimations using the collected data, predictions can lead to incorrect results as they go beyond the sample set during the optimization process. In this context, the proposed method helps decision-makers to determine which machine learning algorithm can provide more accurate optimization results.

Keywords: Parametric façade design, Machine learning, Optimization, Learning curves, Performance-based design, Sustainable buildings

1. GİRİŞ VE PROBLEMİN TANIMI

Birleşmiş Milletler Sürdürülebilirlik Kalkınma Hedefleri (SDG) (UN, 2022) kapsamında binaların sürdürülebilir performans kriterlerinin daha etkin bir şekilde sağlanması hedeflenerek, araştırmacılar ve profesyoneller yapay zeka yöntemlerini giderek artan bir şekilde tasarım süreçlerine dahil etmektedir (Roman et al., 2020). Makine öğrenmesi ile optimizasyon, bu bağlamda öne çıkan uygulamalar arasında yer almaktadır (Westermann & Evins, 2019). Amaç, tahminleme modelleri geliştirerek simülasyon gerektiren performans hedeflerini optimize ederken, gerekli olan hesaplama zamanının kabul edilebilir sürelerle indirgenmesidir. Böylelikle, tasarım problemi için çoklu performans hedefleri göz önünde bulundurularak tasarım kararları alınabilir, büyük ölçekteki tasarımlarda kapsamlı tasarım alternatifleri irdelenir ve yüksek sayıda tasarım parametresini bünyesinde barındıran tasarım problemlerinde optimale en yakın sonuçlara erişim sağlanır.

Kompleks tasarım problemlerinde, tasarım parametrelerinin sayısı ve aldığı değerler göz önünde bulundurulduğu zaman, oldukça yüksek alternatifleri içerisinde barındıran arama alanları optimizasyon süreçleri içerisinde meydana gelmektedir (örneğin 10 değer alabilen 10 tasarım parametresinin olduğu bir problemde 10¹⁰ tasarım alternatifine sahip bir arama alanının meydana gelmesi). Oluşturulan tasarım modellerinden veri toplanarak geliştirilen tahminleme modelleri genellikle sınırlı sayıda tasarım örneğini barındırır (örneğin 10¹⁰ tasarım alternatifinin bulunduğu bir arama alanından 500 tasarım örneğinin toplanması). Kullanılan örnekleme yöntemleri tarafından arama alanlarının farklı bölgelerinden toplanan tasarım alternatifleri, girdi-çıkı ilişkisinin makine tarafından öğrenilebilmesini sağlamaktadır. Geliştirilen tahminleme modellerinin doğruluğunu değerlendiren yöntemlerin genel yaklaşımı, toplanan sınırlı veri üzerinden bir çıkarım yapmaya yöneliktir. Halbuki, optimizasyon algoritmaları sahip oldukları farklı yöntemler gereği, en iyi tasarım alternatifine ulaşabilmek için, arama alanlarındaki farklı bölgelere sıçrayabilme özelliğini taşımaktadır. Bu sebeple, sadece toplanan örnekler üzerinden tahminleme modellerinin doğruluğunu test etmek, makine öğrenmesi ile optimizasyon sürecinde tahmin edilen sonucun gerçek arama alanında çok daha farklı bir sonuca karşılık gelmesi durumunu doğurabilmektedir. Böylelikle, ulaşılan performans değerleri yanlış olabileceği gibi, tasarım kararları alınırken yanlış parametreler üzerinde değerlendirmeler yapılmasına da sebep olabilir.

Bu çalışmanın amacı farklı makine öğrenme algoritmalarını kullanarak geliştirilen tahminleme modellerinin optimizasyon süreçlerinde ne kadar

doğru sonuçlar üretebildiğini araştırmaktır. Literatürde yer alan makine öğrenmesi ile optimizasyon yöntemleri genel olarak (i) form üretimi, (ii) performans değerlendirmesi, (iii) veri üretimi, (iv) makine öğrenimi, (v) test kriterleri ve (vi) optimizasyon şeklinde kurgulanmaktadır (Roman et al., 2020). Bu araştırma kapsamında makine öğrenmesi sürecinde optimizasyon sonuçlarının doğruluğunun test edildiği yeni bir yöntem önerilmektedir. Sinüs fonksiyonu ile üretilen 27 tasarım parametresine sahip kompleks bir parametrik cephe modeli, 10m/30m/10.5m ölçülerine sahip 3 katlı bir binada aydınlatma ve solar radyasyon simülasyon modelleri entegre edilerek geliştirilmiştir. 5 farklı makine öğrenme algoritmasına ait öğrenme eğrilerinin irdelendiği bu araştırmada, simülasyona dayalı optimizasyon problemlerinde kullanılan bir optimizasyon algoritmasının sonuçları, geliştirilen tahminleme modelleri ile karşılaştırılmış ve önerilen yeni yöntemin katkıları bu çalışma kapsamında tartişılmıştır.

2. YÖNTEM

Makine öğrenmesi ile optimizasyon kapsamında önerilen yöntem, parametrik cephe modeli, aydınlatma ve solar radyasyon performans analizleri, çeşitli makine öğrenmesi ve optimizasyon algoritmalarını bünyesinde barındırmaktadır. Yöntem ve araştırma sürecinde uygulanan adımlar aşağıda açıklanmıştır.

2.1. Önerilen Makine Öğrenmesi ile Optimizasyon Yöntemi

Form üretimi ve performans değerlendirmesini kavramsal tasarım sürecinde bir otomasyona dönüştüren optimizasyon algoritmalarının mimarlıktaki temel amacı, nicel ve nitel performans hedeflerindeki avantajları maksimize etmek, dezavantajları minimize etmektir (Sarıyıldız, 2012). Sürdürülebilirlik kapsamında ele alınan performans hedefleri, örneğin aydınlatma, enerji tüketimi, solar radyasyon, görsel ve termal konfor vb., optimizasyon süreçlerinde hesaplanırken simülasyon motorlarının beraberinde getirdiği yüksek hesaplama süreleri nedeniyle oldukça yüksek optimizasyon süreleri ortaya çıkmaktadır. Hem tasarımların kavramsal aşamadan itibaren sürdürülebilirlik ile ilgili performanslarını optimize etmek hem de bu süreç için oldukça fazla hesaplama zamanına ihtiyaç duyulması bir ikilem yaratmaktadır. Bu ikileme bir çözüm olarak araştırmacılar ve profesyoneller içerisinde makine öğrenim süreçlerini de kapsayan, RBFOpt (Costa & Nannicini, 2018) gibi optimizasyon algoritmalarına yer vermektedir. Bu algoritmalar, genetik algoritma gibi meta sezgisel yöntemlerden daha az fonksiyon değerlendirmesi yaparak iyi bir tasarım sonucu bulmak üzere geliştirilmiştir. Ancak, büyük

ölçekli tasarım problemlerinde RBFOpt gibi algoritmalar, makine öğrenmesi süreçlerini barındırmalarına rağmen, optimale yakın sonuçları keşfedebilmek için oldukça yüksek sürelerle ihtiyaç duymaktadır (Ekici et al., 2022). Bu sebeple, bahsi geçen ikilime ikinci bir çözüm olarak, bu araştırmanın da odağında olan, makine öğrenmesi algoritmaları tarafından oluşturulan tahminleme modellerinin hedef fonksiyonlar olarak kullanıldığı optimizasyon süreçleri karşımıza çıkmaktadır.

Makine öğrenmesi ile optimizasyonun bir türü olan bu yaklaşım, genel olarak (i) form üretimi, (ii) performans değerlendirmesi, (iii) veri üretimi, (iv) makine öğrenmesi, (v) test kriterleri ve (vi) optimizasyon şeklinde uygulanmaktadır. Ancak bu yaklaşım, sınırlı sayıda toplanan örnekler üzerinden tahminleme modellerinin doğruluğunu test etmek üzerine kurgulandığı için, optimizasyon sürecinde edinilen sonucun gerçekten çok daha başka bir sonuca karşılık gelmesi durumunu meydana getirebilmektedir. Bu sebeple, literatürdeki uygulamanın farklı bir versiyonu bu çalışma kapsamında önerilmektedir (Şekil 1). Önceki çalışmalar ile karşılaştırıldığı zaman iki yaklaşım arasındaki temel fark, tahminleme modellerinin toplanan örnekler ve yapılan kısa süreli bir optimizasyon sonucu üzerinden değerlendiriliyor olmasıdır. Bu sayede, sadece tahminleme modellerinin kendi veri setleri içerisinde alınan doğrulama örnekleri değil, optimizasyon sürecindeki arama alanında bulunan oldukça başka bir bölgeye ait bir tasarım örneği de kullanılarak, hedefleme modellerinin doğruluğu hakkında daha objektif bir değerlendirme amaçlanmıştır.

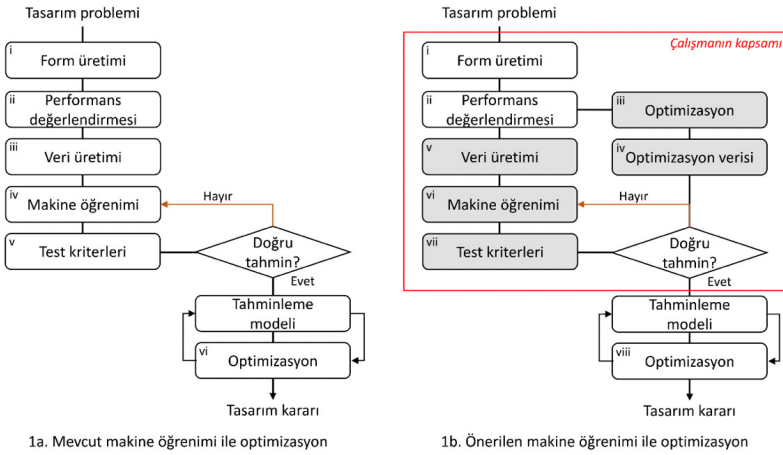
2.2. Parametrik Cephe Modeli

Önerilen yöntemde kullanılmak üzere cephe uzunluğu ve yüksekliği 30m/10.5m, mekân derinliği 10m olan İzmir'deki 3 katlı bir binanın belli bir kesimi üzerinde çalışılmıştır. Katlardaki her bir uzun kenar kullanılmak üzere, organik bir cephe tasarımı oluşturmak için Denklem 1'de verilen sinüs fonksiyonu 4 kenar için ayrı olarak uygulanmıştır.

$$a \times \sin(b \times x - c) + d \quad (1)$$

a parametresi oluşturulan organik cephedeki sapmayı, b parametresi sinüs periyodunu, c parametresi sinüs periyodunun yatay eksenindeki ötelenmesini ve d parametresi sinüs periyodundaki dağılım dengesini kontrol ederken, x parametresi pencere açıklığı sayısı kadar lineer olarak dizilmiş [0,3] arasındaki sayıları ifade etmektedir. Elde edilen organik formun sinüs etkisini arttırmak veya azaltmak için bütün denklem ile çarpılan ayrıca F parametresi

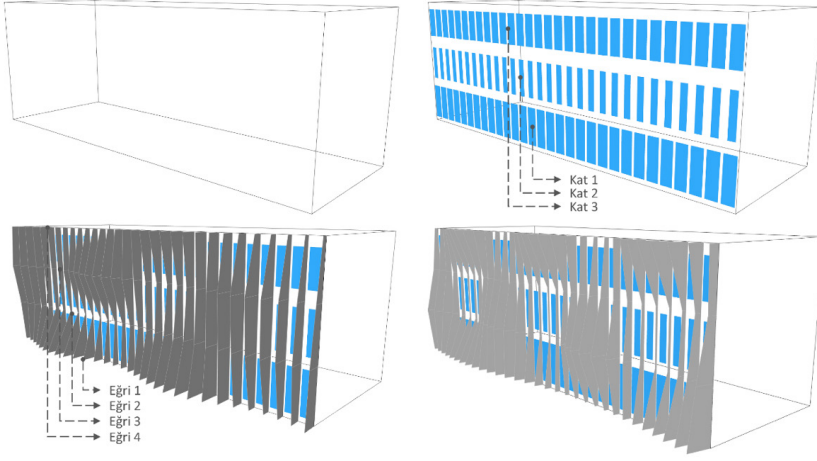
tanımlanmıştır. Oluşturulan yeni eğriler kullanılarak düşey gölgeleme elemanları üretilmiştir. Bütün binadaki düşey gölgeleme elemanlarının rotasyonunu sağlayan bir derece (r) parametresine ek olarak, her bir katta bulunan pencere açıklıklarını x ve y yönlerinde ölçekteleyen 6 adet parametre göz önünde bulundurulmuştur. Toplamda 27 parametrenin bulunduğu modele ait detaylar Tablo 1’de verilmiş olup, Grasshopper 3D (McNeel, 2014) ile geliştirilen parametrik modele ait farklı süreçlerden alınan görseller Şekil 2’deki gibidir.



Şekil 1: Önerilen yöntem

Tablo 1: Cephe tasarım modelinin parametreleri

Parametre	Açıklama	Eğri				Kat #			Birim	Aralık	Adet
		1	2	3	4	1	2	3			
a	Sapma	✓	✓	✓	✓				-	[-1.000, 1.000]	4
b	Periyod	✓	✓	✓	✓				π	[0.000, 6.000]	4
c	Yatay öteleme	✓	✓	✓	✓				-	[0.000, 5.000]	4
d	Dağılım dengesi	✓	✓	✓	✓				-	[1.000, 2.000]	4
F	Etki	✓	✓	✓	✓				m	[0.005, 1.000]	4
x	X yönü açıklık ölçeği					✓	✓	✓	-	[0.05, 0.95]	3
y	Y yönü açıklık ölçeği					✓	✓	✓	-	[0.05, 0.95]	3
r	Düşey eleman dönüş derecesi								$^{\circ}$	[-60.00, 60.00]	1



Şekil 2: Parametrik cephe tasarım örnekleri

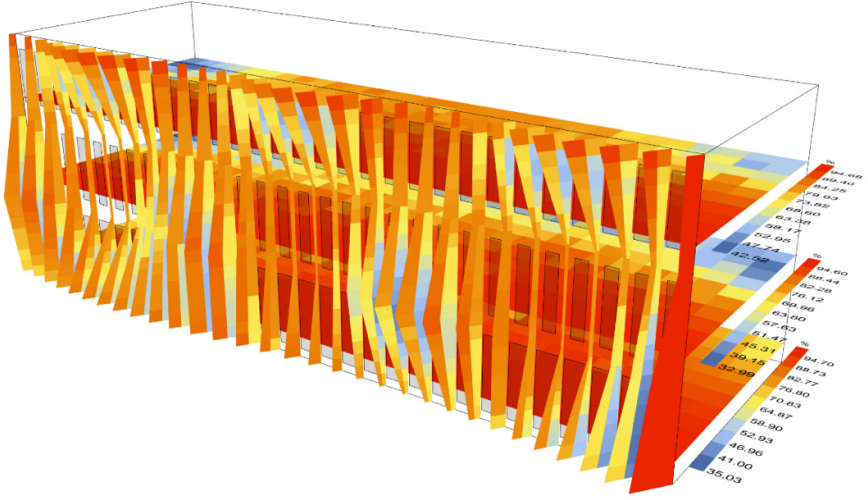
2.3. Performans Kriterleri ve Veri Üretimi

Geliştirilen parametrik modeldeki düşey gölgeleme elemanlarına fotovoltaik paneller yerleştirilerek bütün bir yıl boyunca güneş enerjisinden fayda sağlanması amaçlanmıştır. Bu hedef için binadaki bütün düşey elemanlara solar radyasyon simülasyonu entegre edilmiş olup bütün bir yıl elde edilen yenilenebilir enerji gücü (E_y) hesaplanmıştır. Optimizasyon sürecinde bu hedef (F_x) maksimize edilmek istendiği için yüksek yoğunlukta düşey elemanların oluşması muhtemeldir. Güneşin yetersizliği sebebi ile fazladan yapay aydınlatma kullanılarak enerji sarfiyatının önüne geçmek için her bir katta devamlı güneşin otonomisi (cDA) metriği kullanılarak üç adet güneşin simülasyon motoru modele entegre edilmiştir (Şekil 3). Her bir kattaki ortalama güneşin seviyesi ($cDA_{(1,...,3)}$) ve dağılımı ($dist_{(1,...,3)}$) olmak üzere toplam 6 kısıt fonksiyonu (V_x) belirlenmiştir. Latin hiper küp örnekleme (LHS) yöntemi kullanılarak 250 ile 2000 arasında oluşturulan 8 farklı veri seti uzunlukları için, geliştirilen parametrik model ve Ladybug araçları (Roudsari et al., 2013) kullanılarak yapılan simülasyonlar üzerinden, tasarım örnekleri ve performans sonuçları toplanmıştır (Şekil 4).

2.4. Makine Öğrenmesi

Bu çalışma kapsamında literatürde yaygın bir şekilde kullanılan yapay sinir ağları (ANN), çoklu doğrusal regresyon (MLR), destek vektör makineleri (SVM), rastgele orman (RF) ve karar ağacı (DT) algoritmaları toplanan her bir veri seti üzerinde uygulanmıştır. Makine öğrenme algoritması test edilirken kullanılan

veri setleri 0.2 oranında öğrenme ve test setleri olarak ikiye ayrılmıştır. Yapay sinir ağı modeli 1-n-n-1 mimarisine sahip olmakla her bir katmanda 50 nöron (n) kullanılmıştır. Stokastik gradyan inişi algoritması kullanılarak geliştirilen modellerde 300 iterasyon ile her bir performans kriterinin öğrenme süreçleri tamamlanmıştır.



Şekil 3: Solar radyasyon ve günüşiği analizleri

Çoklu doğrusal regresyon öğrenme ve test setleri üzerinde direkt uygulanarak sonuçlar raporlanmıştır. Destek vektör makinelerinde ise radyal tabanlı bir işlev yöntemi kullanılarak tahminleme modelleri geliştirilmiştir. Rastgele ormanda tahminleyicilerin sayısı 30 olarak belirlenirken karar ağacının parametreleri varsayılan değerleri ile kullanılmıştır. Elde edilen tahminleme modelleri test setleri kullanılarak tahminleme doğruluğu Denklem 2’de verilen R^2 , Denklem 3’teki ortalama kare hatası (MSE) ve Denklem 4’deki ortalama mutlak hata (MAE) yöntemleri ile analiz edilmiştir. Farklı istatistik yöntemlere yer verilmesi, oluşturulan tahminleme modellerinin farklı açılardan doğruluğunun kontrol edilmesini sağlamaktadır. Bu kapsamda x_i toplanan performans verisini, \bar{x} toplanan performans verisinin ortalamasını, y_i tahmin edilen performans verisini ve n toplanan performans verisinin uzunluğunu ifade etmektedir. Bunun yanı sıra, her bir algoritmanın ihtiyaç duyduğu öğrenme süreleri saniye (s) bazında kaydedilmiştir. Bu süreçte bütün adımlar Python programlama dilindeki Scikit-learn v1.2.1 (Pedregosa et al., 2011), Keras v2.10.0 (Chollet, 2015), TensorFlow v2.10.1 (Abadi et al., 2016) kütüphaneleri kullanılarak tamamlanmıştır.

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_i(x_i - y_i)^2}{\sum_i(x_i - \bar{x})^2} \quad (2)$$

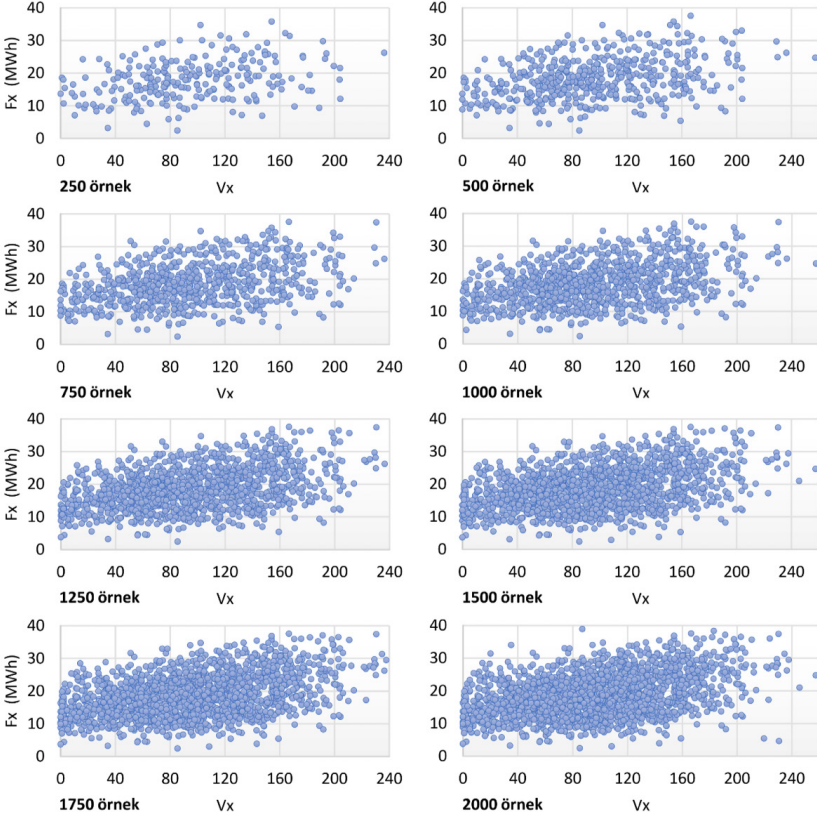
$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2 \quad (3)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - x_i|}{n} \quad (4)$$

2.5. Optimizasyon ve Önerilen Yöntemin Doğrulanması

Geliştirilen modelin 1 tasarım alternatifi için gereken hesaplama süresi yaklaşık 1 dk. olarak ölçülmüştür. Bu sebeple, yüksek zaman gerektiren fonksiyon değerlendirmeleri üzerine geliştirilen radyal tabanlı işlev yöntemi ile optimizasyon (RBFOpt) algoritması Opossum eklentisi (Wortmann, 2017) kullanılarak, Denklem 5'teki optimizasyon problemi için modele entegre edilmiştir. Toplamda 6 farklı kısıt fonksiyonu tanımlanması sebebiyle, standart bir penaltı fonksiyonu yerine, Optimus (Cubukcuoglu et al., 2019) eklentisinin içerisinde bulunan fizibilite eşliğine yakın (NFT) kısıt işleme yöntemi optimizasyon sürecine dahil edilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{maks.} \quad & E_y \\ \text{kısıt} \quad & cDA_{1,\dots,3} \geq 75\% \\ & dist_{1,\dots,3} \geq 50\% \end{aligned} \quad (5)$$



Şekil 4: LHS örnekleme yöntemi ile toplanan farklı büyüklüklerdeki veri setlerinin F_x ve V_x dağılımları

Amaç, $V_x=0$ iken ulaşılabilecek en yüksek E_y değerine ulaşmaktır. Optimizasyon sonrasında elde edilen sonuçlar, geliştirilen makine öğrenme modelleri kullanılarak tahmin edilen F_x ve V_x değerleri ile karşılaştırılmıştır. Böylelikle, önerilen yöntemin doğruluğu, literatürdeki pek çok örnek gibi sadece toplanan veri setleri üzerinden değil, veri seti dışarısında olabilecek optimizasyon sonucunda elde edilmiş olan parametre seti üzerinden de test edilmiştir.

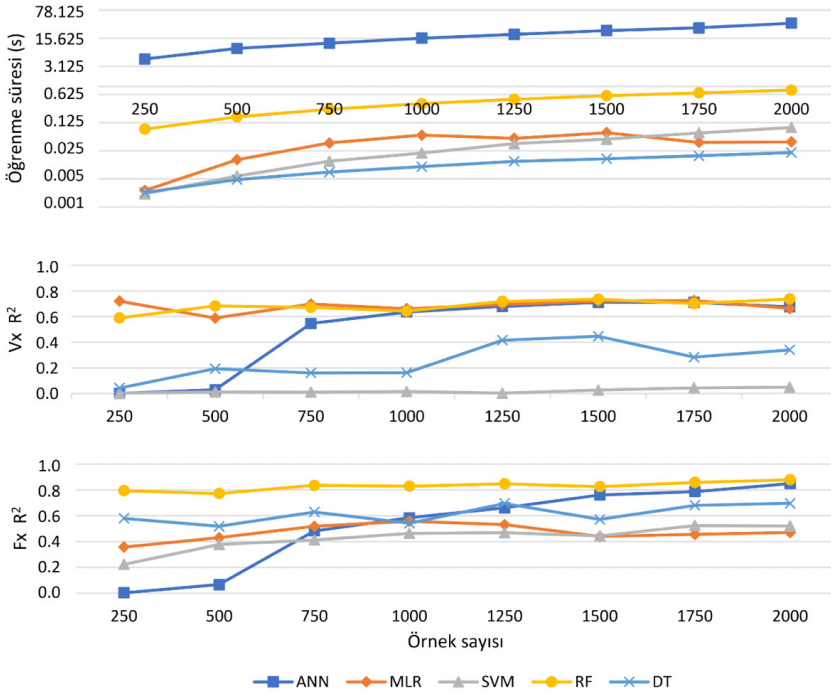
3. SONUÇLAR

Bu bölümde toplanan farklı boyutlardaki 8 veri seti üzerinde uygulanmış olan makine öğrenme sonuçları ile tamamlanmış olan optimizasyon sonuçları karşılaştırılmış ve tahminleme modellerinin doğruluğu tartışılmıştır. Yapılan makine öğrenmesi ve optimizasyon uygulamalarında Intel i7 – 12700H 2.50 GHz işlemcili, 32-GB DDR5 ram bellek, 1024-GB SSD sabit

disk ve Nvidia GeForce RTX 3060 6GB ekran kartı olan bir laptop bilgisayar kullanılmıştır. ANN modellerinin öğrenme süreçlerinde ekran kartı, diğer makine öğrenme süreçlerinde ise bilgisayarın işlemcisi gerekli hesaplamaların tamamlanmasında kullanılmıştır.

3.1. Makine Öğrenme Sonuçları

Makine öğrenme algoritmalarının tahminleme performanslarına dair ilk karşılaştırma Şekil 5'te verilen hesaplama süreleri ve tahminleme modellerinin R2 değerleri üzerinden yapılmıştır. Ekran kartı kullanımına rağmen, veri setlerinin uzunluklarıyla orantılı bir değişim gösteren ANN modelleri, 4.77 ile 37.17 saniye arasında öğrenim süreçlerini tamamlayabilmıştır. Diğer bütün makine öğrenme algoritmaları, işlemci kullanımına rağmen, 1 saniyeden daha kısa bir sürede aynı hesaplamaları tamamlamışlardır.

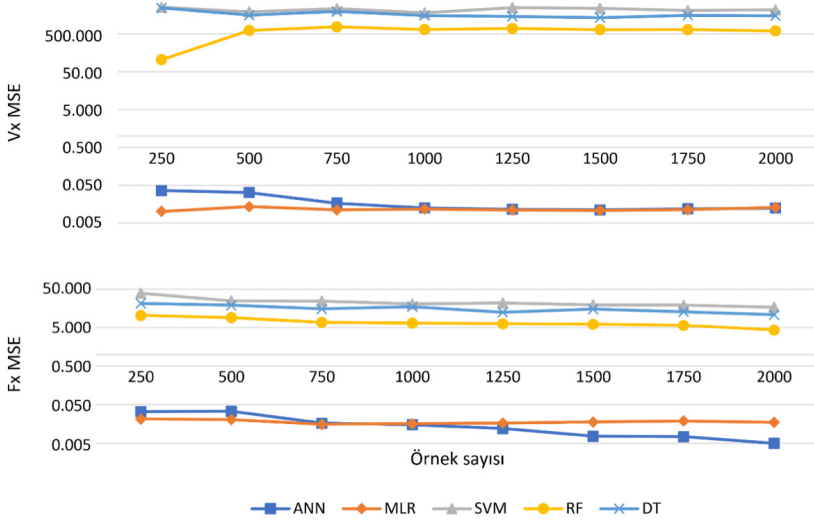


Şekil 5: Öğrenme süresi (saniye) ve R2 sonuçları

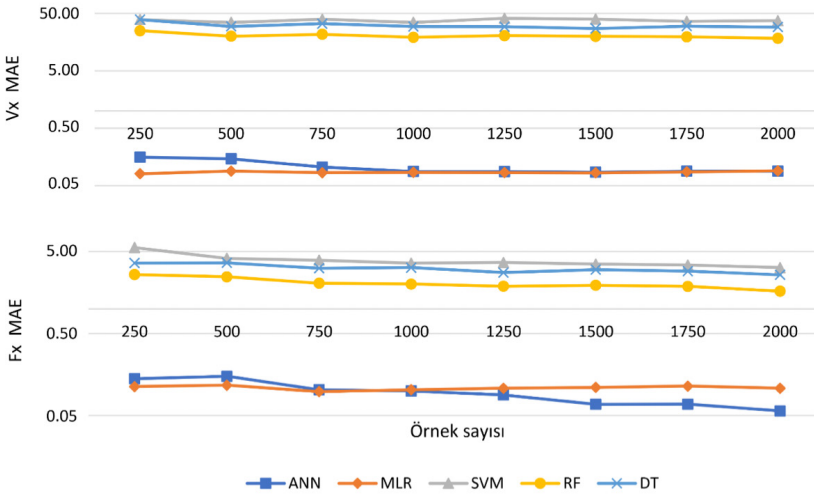
R2 değerleri karşılaştırıldığı zaman, ANN modellerinin veri setlerindeki örnek artışına bağlı olarak kısıt (Vx) fonksiyonu için öğrenme skorlarının 0.0006'dan 0.71'lere, hedef (Fx) fonksiyonları için 0.002'den 0.84'lere yükseldiği

gözlemlenmiştir. MLR modelleri V_x tahminlerinde 0.58 ile 0.72 arasında R_2 sonuçları verirken, bu değerler F_x için 0.35 ile 0.55 arasındadır. SVM modelleri V_x tahminlerinde 0.002 ile 0.04 arasında R_2 sonuçları ile başarısız tahminleme modelleri üretirken, F_x için 0.25 ile 0.52 arasındadır. RF yöntemi veri setindeki artışlara rağmen oluşturulan bütün modellerde V_x için 0.58 ile 0.73 arasında ve F_x için 0.77 ile 0.87 arasında performans değerleri göstererek diğer yöntemlerden daha tutarlı bir öğrenme eğrisi sergilemiştir. Son olarak DT modellerinde veri seti uzunluğundaki artışa bağlı olarak V_x modellerindeki artışın 0.04'ten 0.44'e yükseldiği ve F_x tahminleme modelleri için 0.51 ile 0.69 arasında tahminleme skorlarına ulaştığı gözlemlenmiştir.

Sadece R_2 sonuçları değerlendirilerek doğru tahmin yapabilen modellere erişim sağlanamayacağı için MSE (Şekil 6) ve MAE (Şekil 7) sonuçları da çalışma boyunca raporlanmıştır. Oluşturulan bütün V_x modellerine bakıldığı zaman, SVM, RF, ve DT makine öğrenme yöntemlerinin 103.74 ile 2516.94 arasında çok yüksek MSE sonuçlarına ulaştıkları gözlemlenmiştir. F_x modelleri açısından 4.35 ile 39.08 arasında yine yüksek hatanın oluştuğunu gösteren MSE değerlerine erişilmiştir. Yalnızca ANN ve MLR modellerinin MSE sonuçları 0.005 ile 0.03 arasında olması sebebiyle başarılı modeller olarak kategorize edilmiştir. Benzer bir durum MAE sonuçlarında da gözlemlenmiştir. Oluşturulan bütün V_x modellerine bakıldığı zaman, SVM, RF, ve DT makine öğrenme yöntemlerinin 18.45 ile 41.23 arasında çok yüksek MAE skorlarını raporladıkları gözlemlenmiştir. F_x modelleri ise 1.64 ile 5.60 arasında yine yüksek sayılabilecek MAE sonuçlarını vermektedir. MSE sonuçlarında olduğu gibi, yalnızca ANN ve MLR modellerinin MAE skorları 0.05 ile 0.15 arasında olması sebebiyle başarılı modeller olarak nitelendirilmiştir. Sonuç olarak, R_2 , MSE ve MAE sonuçlarından başarılı tahminleme yapabilen modellerin ANN ve MLR olarak saptanması sebebiyle, bir sonraki aşamada sadece bu yöntemlerin sonuçlarına yer verilmiştir.



Şekil 6: Ortalama kare hatası sonuçları

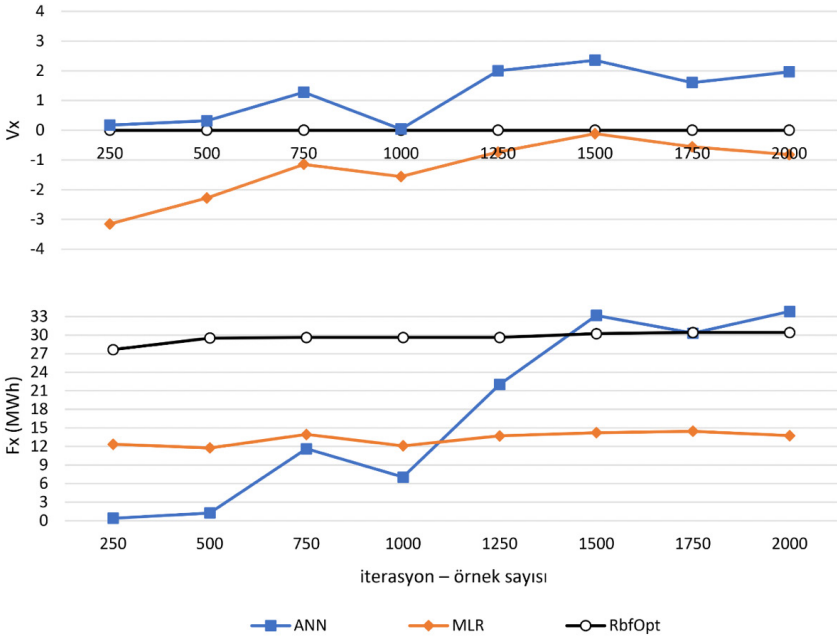


Şekil 7: Ortalama mutlak hata sonuçları

3.2. Tahminleme Modellerinin Doğruluğu

Yapılan çalışmalar sonucunda daha detaylı tahminleme analizlerinin yapılmasına karar verilen ANN ve MLR makine öğrenme yöntemlerine ait öğrenme eğrileri, oluşturulan her bir veri seti için RbfOpt optimizasyon

algoritmasının elde ettiği V_x ve F_x değerleri ile karşılaştırmalı olarak Şekil 8'de verilmiştir. Optimizasyon sürecinde, 32. iterasyonda bütün kısıtları ($V_x=0$) sağlamayı başarabilen RbfOpt algoritması, 12.84 MWh enerji üretimini sağlayabilen bir cephe tasarım alternatifine erişmiştir. 2000'inci iterasyona kadar bu üretim miktarı 30.43 MWh'e kadar yükselmiş olsa da son 500 iterasyon boyunca hedef fonksiyon sonucunda çok büyük değişiklikler gözlemlenmemiştir. Optimize edilmiş cephe tasarımı alternatifinden elde edilen tasarım parametrelerine ait değerler bir önceki adımda oluşturulan makine öğrenimi modellerinde kullandığı zaman Şekil 8'deki tahminleme sonuçlarına ulaşılmıştır.



Şekil 8: Tahminleme modellerinin doğruluğu

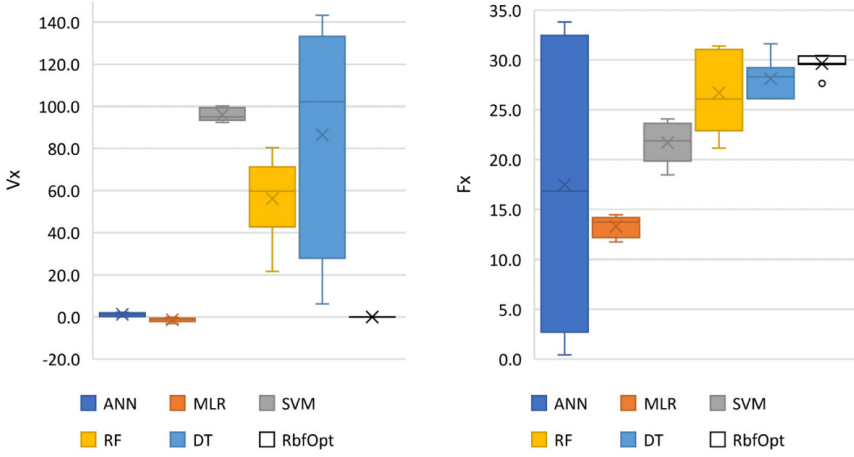
ANN modelleri düşük veri setlerinde, optimize edilmiş gerçek F_x değerlerinden oldukça uzak tahminleme performansı sergilemiştir. Ancak, veri setlerindeki örnek miktarının artması ile birlikte 1000 adet ve üzeri örneğe sahip veri setlerinden itibaren gerçek optimizasyon sonuçlarına doğru giderek artan bir öğrenme eğilimi gözlemlenmiştir. 1500 ile 2000 arasında örneğe sahip veri setleri kullanılarak oluşturulan tahminleme modelleri 30.30 MWh ile 33.81 MWh arasında tahminlemeler yaparak optimizasyon sonucunda elde edilen 30.43 MWh'lik gerçekte en yakın sonuçları vermiştir. ANN modellerinin V_x tahmin sonuçlarına bakıldığı zaman kısıt fonksiyonlarına ait tahminlemelerin

0.03 ile 2.35 arasında olduğu, RbfOpt algoritmasının 0.0 kısıt sonucuna kabul edilebilir uzaklıklarda tahminler yaptığı gözlemlenmiştir.

MLR modelleri ise düşük ve yüksek örneğe sahip veri setlerinde Fx tahminlerinin 11.76 MWh ile 14.47 MWh arasında olduğu, optimizasyon sonucunda elde edilen 30.43 MWh'lik gerçek değere oldukça uzak olduğu gözlemlenmiştir. Vx tahmin sonuçlarına bakıldığı zaman kısıt fonksiyonlarına ait tahminlemelerin -3.15 ile -0.12 arasında olduğu, RbfOpt algoritmasının 0.0 kısıt sonucuna kabul edilebilir uzaklıklarda tahminler yaptığı gözlemlenmiştir. ANN modellerinin aksine, veri setindeki artış MLR modellerinin Vx tahminlemelerinde 0 ile -1 arasında bir iyileşmeye doğru gitmesine sebep olduğu gözlemlenmiştir. Ancak, MLR modellerinin Fx tahminlemelerinde gerçek sonuçlardan oldukça uzak tahminler yapması sebebiyle çalışma kapsamında ANN modellerinin daha gerçekçi optimizasyon sonuçlarını tahmin ettiği sonucunu ortaya çıkmıştır. SVM, RF ve DT sonuçlarını da içeren bütün tahminleme ve optimizasyon sonuçlarına ait kutu grafikleri Şekil 9'da verilmiştir.

3.3. Çalışmanın Limitleri ve Uygulanabilirliği

Bu çalışma kapsamında oluşturulan veri setlerindeki örnek ve optimizasyon sürecindeki iterasyon sayıları en fazla 2000 olacak şekilde sınırlandırılmıştır. Bu kararın başlıca sebeplerinden biri 2000 iterasyon boyunca çalışan RbfOpt algoritmasının süreci tamamlamak için ihtiyaç duyduğu süre 33.3 saat olarak gözlemlenmiştir. Veri setlerindeki örnek sayısı ANN gibi bazı makine öğrenmesi algoritmalarında performans tahminleme skorlarının artışına sebep olabilmektedir. Bunun yanı sıra, performans tahminleme modelleri ile daha gelişmiş hibrit sezgisel optimizasyon algoritmaları kullanılarak 10000 ve üzeri iterasyonlardaki tasarım sonuçlarına kabul edilebilir hesaplama süreleri içerisinde ulaşılabilir. Bu sayede optimizasyona bağlı tasarım araştırmalarının derinliği artırılabilir.



Şekil 9: Çalışma boyunca elde edilen tahminleme ve optimizasyon sonuçlarına ait kutu grafikleri

Kullanılan makine öğrenmesi algoritmalarında bulunan parametrelerin ayarlamaları yine bu çalışmanın limitleri arasındadır. Mimari uygulamalara odaklanan bazı makine öğrenmesi çalışmaları gösteriyor ki, öğrenim süreçlerini kontrol eden farklı parametre ayarları analiz edilerek tahminleme modellerindeki doğruluk artırılabilir (Chatzikonstantinou & Sariyildiz, 2016). Ancak, bu çalışmanın sonuçları doğrultusunda parametre ayarı yapıldıktan sonra, optimizasyon sonuçlarına ait tahminleme skorlarının tekrar karşılaştırılıp nihai model seçimi yapılması önem arz etmektedir. Bunun yanı sıra, k katlı çapraz geçerlilik gibi daha detaylı istatistik analizlere öğrenim süreçlerinde yer vermek, oluşturulan veri setlerinin farklı bölgelerinden örnekler alınarak geliştirilen tahminleme modellerindeki doğruluğun artmasını sağlayabilir.

Önerilen makine öğrenimi ile optimizasyon yönteminde 27 tasarım parametresine sahip 3 katlı bir yapının cephe tasarımına odaklanılmıştır. Tasarım probleminin sahip olduğu toplamdaki tasarım alternatif sayısı, yani optimizasyon arama alanında mevcut olan alternatif sayısı, $5.06e+80$ olarak hesaplanmıştır. Farklı parametre boyutlarına sahip tasarım problemlerinde arama alanları büyüyüp küçüleceğinden, tahmin edilen ve optimize edilen tasarım sonuçları değişkenlik gösterebilir. Bu sebeple, farklı parametre sayılarının olduğu benzer tasarım problemleri üzerinden bu çalışma kapsamında önerilen makine öğrenimi ile optimizasyon yönteminin uygulanması, elde edilen sonuçların genellenebilirliği açısından faydalı olabilir. Ayrıca, tek hedef yerine çok hedefli optimizasyon problemlerinde yapılacak tahminlerin

bütün hedef fonksiyonlarını kapsayacak şekilde çalışmanın kurgulanması gerekmektedir. Diğer bir deyişle, farklı iterasyonlardan alınacak olan Pareto optimal kümelerin doğru tahmin edilmesi üzerinden bir değerlendirme yapılmalıdır.

Çalışma kapsamında dijital olarak üretilen bir cephe modeli ve çeşitli simülasyon motorlarına yer verilmiştir. Gerçek hayattaki bir tasarım problemi için bu çalışmada önerilen yöntemin uygulanması durumunda, simülasyon modellerinin ampirik veriler ile karşılaştırılması ve dijital modellerin kalibrasyonlarının yapılması gerekmektedir. Kalibre edilen simülasyon modelleri üzerinden yine önerilen yöntem dahilinde dijital veriler toplanabilir ve tasarım problemi optimize edilerek binalarda performans iyileştirmeleri sağlanabilir. Ulaşılan nihai tasarımın gerçek hayatta uygulanması, performans iyileştirmelerinin yer aldığı yeni ampirik veriler ile optimizasyon sonuçlarının kıyaslanmasına ve böylece önerilen yöntemin gerçek hayatta sağladığı faydaların doğrulanması adına önemli bir rol oynayabilir.

3.4. Varılan Sonuç

Yapılan çalışmalar sonucunda elde edilen veriler, sadece toplanmış olan örnekler üzerinden optimizasyon süreçlerinde kullanılmak üzere geliştirilen tahminleme modellerinin doğruluğu hakkında bir çıkarım yapmanın yanlış model tercihlerine götürebileceğini göstermektedir. Makine öğrenmesi algoritmaları toplanan veriler hakkında doğru tahminlerde bulunabilirken, bu tahminler optimizasyon süreci boyunca toplanan verilerin dışına çıktığı zaman yanlış tahminleme sonuçlarını doğurabilmektedir. Bu sebeple, hızlı bir ön optimizasyon yöntemi ile toplanan veri dışında bir optimizasyon verisinin tahminleme modelleri üzerinde kullanılması, daha doğru model seçimini beraberinde getirebilmektedir. Bunun yanı sıra birden fazla istatistik yöntem ile modellerin değerlendirilmesi yine büyük önem arz etmektedir. Farklı makine öğrenmesi algoritmalarının farklı bina performansı kriterlerinde göstermiş oldukları davranış sonrası, ileriki çalışmalarda bir binadaki çoklu performans tahminlerinde hibrit makine öğrenimi süreçlerine yer verilebilir.

KAYNAKLAR

- Abadi, M., Barham, P., Chen, J., Chen, Z., Davis, A., Dean, J., Devin, M., Ghemawat, S., Irving, G., & Isard, M. (2016). Tensorflow: a system for large-scale machine learning. Osd Savannah, GA, USA.
- Chatzikonstantinou, I., & Sariyildiz, S. (2016). Approximation of simulation-derived visual comfort indicators in office spaces: a comparative study in machine learning. *Architectural Science Review*, 59(4), 307-322.
- Chollet, F. (2015). keras, <https://keras.io/>
- Costa, A., & Nannicini, G. (2018). RBFOpt: an open-source library for black-box optimization with costly function evaluations. *Mathematical Programming Computation*, 10, 597-629.
- Cubukcuoglu, C., Ekici, B., Tasgetiren, M. F., & Sariyildiz, S. (2019). OPTIMUS: self-adaptive differential evolution with ensemble of mutation strategies for grasshopper algorithmic modeling. *Algorithms*, 12(7), 141.
- Ekici, B., Turkcan, O. F., Turrin, M., Sariyildiz, I. S., & Tasgetiren, M. F. (2022). Optimising high-rise buildings for self-sufficiency in energy consumption and food production using artificial intelligence: Case of Europoint complex in Rotterdam. *Energies*, 15(2), 660.
- McNeel, R. (2014). Grasshopper 3D. URL: <https://www.grasshopper3d.com/>.
- Pedregosa, F., Varoquaux, G., Gramfort, A., Michel, V., Thirion, B., Grisel, O., Blondel, M., Prettenhofer, P., Weiss, R., & Dubourg, V. (2011). Scikit-learn: Machine learning in Python. *the Journal of machine Learning research*, 12, 2825-2830.
- Roman, N. D., Bre, F., Fachinotti, V. D., & Lamberts, R. (2020). Application and characterization of metamodels based on artificial neural networks for building performance simulation: A systematic review. *Energy and Buildings*, 217, 109972.
- Roudsari, M. S., Pak, M., & Smith, A. (2013). Ladybug: a parametric environmental plugin for grasshopper to help designers create an environmentally-conscious design. Proceedings of the 13th international IBPSA conference held in Lyon, France Aug.
- Sariyıldız, S. (2012). Performative Computational Design. Keynote speech in: Proceedings of ICONARCH-I: International congress of architecture-I, Konya, Turkey, 15-17 November 2012.
- UN. (2022). *The Sustainable Development Goals Report 2022* (<https://unstats.un.org/sdgs/report/2022/The-Sustainable-Development-Goals-Report-2022.pdf>).

- Westermann, P., & Evins, R. (2019). Surrogate modelling for sustainable building design–A review. *Energy and Buildings*, 198, 170-186.
- Wortmann, T. (2017). Opossum-introducing and evaluating a model-based optimization tool for grasshopper. *Proceedings of the CAADRIA*, vol 17, 283-292.

Kentsel Yeşil Altyapıların Performans Analizi İçin Sayısal Bir Yöntem Önerisi: Boğaziçi Kentsel Ekosistemi Örneği

BAHAR BAŞER KALYONCUOĞLU¹, CHOUAIB GUERROUT², JALE GÜREL³

¹İstanbul Medipol Üniversitesi, ^{2,3}İstanbul Okan Üniversitesi, ³İstanbul Büyükşehir Belediyesi
¹bahar.baser@medipol.edu.tr, ²cetagadrrar01@gmail.com, ³kgurel@gmail.com




Özet

Kentlerin ekonomik kalkınma hedefleri ile doğa koruma ilkelerinin uzlaştırılması adına yeşil sistem teorisinde bir güncelleme yapmak amacıyla ortaya çıkan yeşil altyapı teorisi, kentlerin yeşil alanlardan ve doğal mekânların sunduğu ekosistem hizmetlerinden yararlanmaları için gerekli stratejilerin geliştirilmesi açısından plancılar ve karar vericilere kolaylaştırıcı bir araç olma niteliği taşır. Bu araştırma, yeşil altyapı stratejisinin kentsel peyzajın planlanması süreçlerine entegre edilebilmesini sağlamak amacıyla, kentsel yeşil altyapı niteliği taşıyan mekânların ekolojik performansının çok kriterli bir yaklaşımla değerlendirilebilmesi için sayısal bir yöntem önerisi ve bu yöntemi uygulamaya yarayacak bir yazılım geliştirmeyi hedeflemektedir. Kentsel yeşil altyapıların performansını ölçmek amacıyla literatürde yapılmış olan birçok araştırma incelenmiş ve özellikle Davies, C., & Laforteza, R. (2017) tarafından yapılan çalışmada ortaya konulan temel kriterler geliştirilerek; değerlendirmede dikkate alınması gereken kriterler 6 kategoride toplanmıştır: (1) “diğer altyapılarla entegrasyon”, (2) “çok işlevlilik”, (3) “bağlantılılık”, (4) “çok ölçeklilik”, (5) “çeşitlilik” ve (6) “kimlik”. Araştırma kapsamında geliştirilen PROSECO Yazılımı yukarıda sıralanan kriterler bağlamında her bir kriter için sahadan toplanan verilerin karşılıklı olarak sayısal değerlendirilmesini sağlamaktadır. Ana tema olarak belirlenen 6 kriterin; değerlendirilen yeşil altyapı mekânındaki başarısını ölçmek amacıyla tanımlanan gösterge ve parametreler, alan bazında sayısal verilerle değerlendirilerek, her bir alt kriter için yazılıma 10-100 arasında bir puan derecesi girilmektedir. Yazılımın her kriter için ortaya koyduğu ortalama değer hesabına göre yeşil alanların performans analiz grafiği elde edilmektedir. Yazılımın sınanması için örnek alan olarak, tanımlı bir peyzaj bütünlüğü içermesi sebebiyle İstanbul Boğaziçi ekosistemi seçilmiştir. İstanbul kentsel yeşil mekânlarına bakıldığında kent ekosistemini oluşturan başlıca yeşil altyapı mekânları 4 ana tipolojide; “korular”, “parklar”, “ağaçlandırılmış cadde ve bulvarlar” ile “mezarlıklar”

olarak sınıflandırılmıştır. Her tipolojiden Boğazın iki yakasından seçilen örnek alanlarda, PROSECO yazılımı kullanılarak yapılan sayısal değerlendirmede (2,7 milyon m² alansal büyüklükteki) 8 farklı yeşil alanın yeşil altyapı performansı ölçülmüş; analiz sonuçlarına göre, her bir alanının güçlü ve zayıf olduğu yönler tespit edilmiştir. Avrupa yakasında Emirgan Korusu, Maçka Demokrasi Parkı, Aşiyen Mezarlığı ve Dolmabahçe Çırağan Caddeleri; Anadolu yakasında Fethi Paşa Korusu, Küçük Çamlıca Korusu, Kandilli Mezarlığı ve Kelle İbrahim Caddesi performans değerlendirmesi yapılan alanlardır. Bu alanlarda yapılan yerinde gözlem ve tespitler, alan yöneticisi ile birebir görüşme, kullanıcılar ile görüşmeler, mekânsal özelliklerin haritalandırılması gibi yöntemlerle toplanan veriler PROSECO içerisinde tanımlanan yeşil altyapı kriterleri başarı göstergelerine puan olarak yansıtılmış ve elde edilen başarı grafiklerinde her alanın performansı, güçlü ve güçsüz olduğu yönler sayısal olarak ortaya çıkarılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yeşil Altyapı, Kent Ekosistemi, İstanbul, Çok Kriterli Performans Analizi

A Quantitative Method Proposal for Urban Green Infrastructure Performance Assessment: Bosphorus Urban Ecosystem Case

BAHAR BAŞER KALYONCUOĞLU¹ , CHOUAIB GUERROUT² , JALE GÜREL³ 

¹Istanbul Medipol University, ^{2,3}Istanbul Okan University, ³Istanbul Metropolitan Municipality
¹bahar.baser@medipol.edu.tr, ²cetagadrrar01@gmail.com, ³kgurel@gmail.com

Abstract

The green infrastructure theory, which emerged due to update the green system theory in order to reconcile the economic development goals of the cities with the nature conservation principles, is a facilitating tool for the planners and decision makers in terms of developing the necessary strategies for the cities to benefit from the green areas and the ecosystem services offered by the natural places. This research aims to propose a numerical method for evaluating the ecological performance of urban green infrastructures with a multi-criteria approach in order to integrate the green infrastructure strategy into the planning processes of the urban landscape, and to develop a software to implement this method. In order to measure the performance of urban green infrastructures, many studies in the literature have been examined. In particular, the basic criteria set forth in the study by Davies, C., & Laforteza, R. (2017) were developed and the criteria to be considered in the evaluation were gathered in 6 categories: (1) “integration with other infrastructures”, (2) “multifunctionality”, (3) “connectedness”, (4) “multiscale”, (5) “diversity” and (6) “identity”. The PROSECO Software developed within the scope of the research provides a mutual numerical evaluation of the data collected from the field for each criterion in the context of the criteria listed above. The 6 criteria determined as the main theme; Indicators and parameters defined in order to measure the success of the evaluated green infrastructure space are evaluated with numerical data on a field basis, and a score between 10-100 is entered into the software for each sub-criterion. According to the average value calculation of the software for each criterion, the performance analysis

graph of the green areas is obtained. The Istanbul Bosphorus ecosystem was chosen as the sample area for testing the software, since it contains a defined landscape integrity. When we look at the urban green spaces of Istanbul, the main green infrastructure spaces that make up the urban ecosystem are in 4 main typologies; They are classified as “groves”, “parks”, “tree-planted streets and boulevards” and “cemeteries”. The green infrastructure performance of 8 different green areas was measured in the numerical evaluation (2.7 million m² area size) made using PROSECO software in sample areas selected from both sides of the Bosphorus from each typology. According to the results of the analysis, the strengths and weaknesses of each area were determined. Emirgan Grove, Maçka Democracy Park, Aşiyân Cemetery and Dolmabahçe Çırağan Avenues on the European side; On the Anatolian side, Fethi Pasha Grove, Küçük Çamlıca Grove, Kandilli Cemetery and Kelle İbrahim Street are the areas where performance evaluation is made. The data collected by methods such as on-site observations and determinations made in these areas, deep-interviews with the area manager, interviews with users, mapping of spatial features were reflected in the success indicators of the green infrastructure criteria defined in PROSECO, and in the success graphs obtained, the performance of each area, its strengths and weaknesses quantitatively revealed.

Keywords: Green Infrastructure, Urban Ecosystem, Istanbul, Multi-criteria Performance Assessment

1. GİRİŞ VE ÇALIŞMANIN AMACI

Yeşil altyapı stratejisi; kentlerdeki yeşil alanlar, koruma alanları, karasal veya sucul ekosistemler gibi doğal mekânları planlayarak, birbiriyle bağlantılı bir ağ stratejisi geliştirmek için kullanılan kapsayıcı bir teoredir. Kentsel ekolojiye karşı gelişen hassasiyet sonucunda yeşil sistemlerin insan kullanımı odaklı sınıflandırılması yaklaşımı yerini, yeşil alanların sağladığı ekosistem hizmetlerine göre sınıflandırıldığı bir yaklaşıma evrilmiştir (Coutts & Hahn, 2015). Kentlerin ekonomik kalkınma hedefleri ile doğa koruma ilkelerinin uzlaştırılması adına yeşil sistem teorisinde bir güncelleme yapmak amacıyla ortaya çıkan yeşil alt yapı teorisi, kentlerin yeşil alanlardan ve doğal mekânların sunduğu ekosistem hizmetlerinden yararlanmaları için gerekli stratejilerin geliştirilmesi açısından planlar ve karar vericilere kolaylaştırıcı bir araç olma niteliği taşır.

Yeşil altyapı niteliği taşıyan alanlar, kentsel alanlarda karşılaşmakta olduğumuz ekolojik problemlerin en etkili şekilde giderilmesine yönelik çözümlerin geliştirilmesinde önemli aktörlerdir. Yeşil altyapı stratejisi, yeşil alanların çok işlevliliği ilkesini temel alarak, kent içerisindeki ve çeperlerindeki yeşil alanların kent iklimi ve su ekonomisinin düzenlenmesine katkı sağlama potansiyellerini arttırmayı hedeflemektedir. Ülkemiz kentlerinde yeşil alanların planlanması bütüncül kentsel planlama yaklaşımı ile ele alınmadığından, kentlerimizde planlanmış yeşil altyapı sistemlerine rastlamak zordur. Bu nedenle mevcutta kullanılmakta olan yeşil alanların yeşil altyapı işlevini yerine getirme potansiyeli olup olmadığının araştırılması, nitelikli alanların korunarak geliştirilmesi gibi stratejiler, iklim değişikliğine bağlı risklerin kentler üzerinde yaratacağı baskıların azaltılmasında önem taşımaktadır.

Bu araştırma, yeşil altyapı stratejisinin kentsel peyzajın planlanması süreçlerine entegre edilebilmesini sağlamak amacıyla, kentsel yeşil altyapı niteliği taşıyan mekânların ekolojik performansının çok kriterli bir yaklaşımla değerlendirilebilmesi için sayısal bir yöntem önerisi ve bu yöntemi uygulamaya yarayacak bir yazılımı geliştirmeyi hedeflemektedir.

1.1. Yöntem ve Materyal

Kentsel yeşil altyapıların performansını ölçmek amacıyla literatürde yapılmış olan birçok araştırma incelenmiş ve özellikle Davies, C., & Laforteza, R. (2017) tarafından yapılan çalışmada ortaya konulan temel kriterler geliştirilerek; değerlendirmede dikkate alınması gereken kriterler 6 kategoride toplanmıştır: (1) “diğer altyapılarla entegrasyon”, (2) “çok işlevlilik”, (3) “bağlantılılık”, (4) “çok ölçeklilik”, (5) “çeşitlilik” ve (6) “sosyal kapsayıcılık”. Araştırma kapsamında geliştirilen PROSECO Yazılımı (Şekil 1) yukarıda sıralanan

kriterler bağlamında her bir kriter için sahadan toplanan verilerin karşılıklı olarak sayısal değerlendirilmesini sağlamaktadır. Ana tema olarak belirlenen 6 kriterin; değerlendirilen yeşil altyapı mekânındaki başarısını ölçmek amacıyla tanımlanan alt kriterler alan bazında elde edilecek göstergeler değerlendirilerek, her bir alt kriter için yazılıma 10-100 arasında bir puan derecesi girilmektedir. Yazılımın her kriter için ortaya koyduğu ortalama değer hesabına göre yeşil alanların performans analiz grafiği elde edilmektedir.

2. KENTSEL YEŞİL ALTYAPILARIN PERFORMANS ANALİZİ

2.1. Kentsel Yeşil Altyapı Kavramı ve Kent Ekosistemi İlişkisi

İklim değişikliğinin etkilediği kent gündeminde; ekosistem hizmetleri, doğa temelli çözümler, peyzaj şehirciliği, ekolojik şehircilik veya sosyo-ekolojik sistemler gibi bir dizi (az ya da çok) yeni kavram ve yaklaşımın tartışıldığını görmekteyiz. Bu kavramlar içerisinde pragmatik bir yaklaşım olarak görülebilecek yeşil altyapı terimi, özellikle kentsel alanlarda yeşil alan gelişimine ilişkin profesyonel ve bilimsel tartışmaları, politik stratejileri ve pratik yaklaşımları şekillendirmeye başlamıştır (Seiwert& Rößler,2020).

2.2. Kentsel Yeşil Altyapı Performans Kriterleri

Kentsel yeşil altyapıların performansını ölçmek amacıyla literatürde yapılmış olan birçok araştırma incelenmiş ve özellikle Davies, C., & Laforteza, R. (2017) tarafından yapılan çalışmada ortaya konulan temel kriterler geliştirilerek; değerlendirmede dikkate alınması gereken kriterler 6 kategoride toplanmıştır: (1) “diğer altyapılarla entegrasyon”, (2) “çok işlevlilik”, (3) “bağlantılılık”, (4)“çok ölçeklilik”, (5)“çeşitlilik” ve (6)“kimlik”.

1-Entegrasyon: Yeşil altyapıların kentin ekolojik sistemine destek verebilmesi için kentteki diğer stratejik altyapılarla bütünleşmesi beklenir. Kentin gri-altyapıları ile uyumlu ilişkiler kurabilme ve diğer altyapılarla bütünleşme kabiliyeti.

Yeşil-gri entegrasyonu, su yönetimi, iklim değişikliği adaptasyonu, gıda tedariki, yaşam kalitesi, hava kalitesi, kültürel varlıkların korunması, doğal malzeme kullanımı, biyolojik çeşitlilik, sürdürülebilir enerji, fauna tespiti ve korunması, katılım, arazi kullanımı, güvenlik, afete dirençlilik

2-Çok işlevlilik: Yeşil alanın birbiriyle ve çevredeki diğer altyapılarla ilişkili farklı ve çeşitli işlevler içermesi beklenir. Farklı ekosistem hizmetleri sunan işlevsel çeşitlilik. (Kaynak sağlayan, destekleyen, döngüsel ve kültürel ekosistem hizmetleri)

3-Bağlantılılık : Yeşil altyapıların ekolojik koridorlar aracılığı ile birbirlerine ve kentin ana ekosistemine bağlanması durumu. Yeşil alanlardan, yeşil sisteme ve

yeşil ağlara, yeşil ağlardan ekolojik sistemlere doğru bir sistemsel hiyerarşinin parçası olabilme kabiliyeti, yapısal bağlantılılık, hayvan ve bitkiler için işlevsel bağlantılılık, insanlar için işlevsel bağlantılılık, web ortamındaki sosyal ağlar yardımıyla sanal ortamda tanınırlık.

4-Çok Ölçeklilik: Yeşil altyapıların planlanmasına farklı ölçeklerde yaklaşımların olanaklı kılındığı planlama ve yönetim stratejisi; küresel, bölgesel, yerel ve yöresel yönetim ağlarıyla ilişkiler kurabilme olanaklarının varlığı.

5-Çeşitlilik : Yeşil Altyapı tipolojilerinin ve içerdikleri elemanların çeşitliliği, işlevsel çeşitliliğin getirdiği zenginlik, biyolojik çeşitlilik, Farklı işlevlerde ve ölçeklerde yönetilen doğal, yarı-doğal alanlardan oluşan YA Ağı

6-Kimlik: Belirli bir kimliği olan mekân, ekolojik birim olma kabiliyeti, bulunduğu bölgede yaşayanların aidiyet duygusunu ve sahiplenme arzusunu tetikleyebilen bir kimliği yansıtırma potansiyeli.

Tablo 1: Yeşil Altyapı performans kriterleri, gösterge ve parametreler

Yeşil Altyapı Kriterleri	Performans Göstergeleri	Parametreler	Formülasyon
(Diğer altyapılarla) entegrasyon	Yapısal gelişim	Alandaki yapılaşmaya dair bir strateji/plan var mı?	Yönetici ile görüşme/+/-
	Su yönetimi	Alanda su kullanımına ilişkin bir yönetim var mı: akıllı sulama, artırılmış su kullanımı, yeraltı suyu kullanımı vb.	Sulama suyunun verimli kullanımı, yağmur suyu hasadı , su ekonomisi WUS= Awe X Pa+Mw+Swe+PS
	İklim değişikliğine adaptasyon	Yağmur suyu yönetimi, iklim değişikliğine uyumlu tür kullanımı vb. yöntemler var mı?	$\log N_{i,t} \sim a + b/Year_i + b_{Temp.pref_i} + b_{Attribute_i} + b_{i,t+1}/Year_i ; Temp.pref_i + b_{i,t+1}/Year_i ; Attribute_i + \rho \log N_{i,t-1} + Sp_i + cYear_i$
	Gıda Sağlama	Alanda tarımsal faaliyet var mı? Hobi bahçesi, kent bahçesi, bostan vb.	Alanda gözlem, Arc Gis Haritalama +/-
	Yaşam kalitesi	Alan çevresindeki yaşam kalitesi standartları nasıldır?	$I = \sum_{i=1}^{10} a_i b_i$ Quality of Life index
	Hava Kalitesi	Hava kirlilik değerleri, hava kalitesine ilişkin veriler?	$AQI = \frac{((P_{mobs} - P_{mmin}) * (AQI_{max} - AQI_{min}))}{(P_{mmax} - P_{mmin})} + AQI_{min}$
	Korumaya yönelik önlemler	Kültürel koruma planı var mı?	Yönetici ile görüşme/ dokuman tarama +/-
	Yapısal peyzaj elemanlarında doğallık/yerellik	Peyzaj malzemelerinde kalite ve doğal malzeme kullanımı	Kullanılan tüm malzeme/ doğal malzeme oranı
	Biyolojik çeşitlilik / biyolojik Koruma	Ekolojik koruma planı var mı	Yönetici ile görüşme/ dokuman tarama +/-
	Konum	Doğal mekânlara yakınlık	Arc Gis haritalama / sayısal ölçümler
	Sürdürülebilir enerji kullanımı	Sürdürülebilir enerji kullanımına ilişkin bir strateji var mı?	Toplam enerji tüketimi / yenilenebilir enerji tüketimi
	Topoğrafya	Topoğrafyaya dayalı bir arazi kullanımı var mı? Topoğrafyanın zorluk derecesi nasıl?	Eğim Analizi ve ortalama eğim hesabı %p:h/l
	Fauna tespiti ve koruması	Fauna koruma amaçlı bir plan / yönetim var mı?	Yönetici ile görüşme/ dokuman tarama +/-
	Katılım	Sivil veya gönüllü aktiviteyle ilişki olanağı sunuyor mu?	Toplam ziyaretçi sayısı/ sivil aktivite ziyaretçi sayısı (aylık)
	Arazi örtüsü	Yapısal/yeşil-doğal arazi örtüsü oranı ?	Arc Gis haritalama / sayısal ölçümler
	Suç/güvenlik	Güvenlik düzeyi/alan güvenli mi - gece kullanımı var mı ?	TÜİK bölgesel suç verileri
Afet dirençliliği	Alan afet planının parçası mı/ acil durum planı var mı?	Afet Risk Faktörü =f (afet olma olasılığı, Kırılabilirlik) Yönetici ile görüşme/ dokuman tarama +/-	

Tablo 1: Yeşil Altyapı performans kriterleri, gösterge ve parametreler

Çok İşlevlilik	Sosyal işlevler	Gönüllü aktivitelere katılım / Kullanıcıların memnuniyet düzeyi /Kullanıcıların burayı kullanma sebepleri (kullanıcı anketi gerekir)	Katılımcı sayımları, yönetici yıllık raporları
	Ekolojik işlevler	Yağmur suyu hasadı, habitat oluşturma, ekolojik koruma planının olması, biokütle etkisi,	Simpson Index (D) = $\frac{1}{\sum_{i=1}^n p_i^2}$ biyokütle indisi, Alanda gözlem ve tespitler
	Ekonomik işlevler	Alanda ekonomik açıdan gelir getirci bir faaliyet olması	Gelir miktarı, yıllık gelir gider verileri
	Kültürel işlevler	Gezi, gözlem, sanat, yerel kültürel faaliyetlerin varlığı	Yıllık etkinlik takvimi , etkinlik yoğunluğu
	Eğitim / Bilgilendirme işlevleri	Kamu bilgilendirme-egitim faaliyetlerine olanak sağlama	Yıllık etkinlik takvimi , etkinlik yoğunluğu
	Sağlık kullanımları	Toplum sağlığını destekleyen kullanımların varlığı	Alanda gözlem ve tespitler +/-
Bağlantılılık	Strüktürel bağlantılar	Alan çevresindeki başka mekânlarla bağlantılı mı?	Arc Gis haritalama / sayısal ölçümler
	Bitki ve hayvan türleri için işlevsel bağlantılar	Alan bitki ve hayvan türlerinin yaşaması ve geçişi için elverişli mi?	Biyçeşitlilik indisi $D = \frac{N(N-1)}{\sum n(n-1)}$
	İnsanlar için işlevsel bağlantılar	Mekân içerisindeki sirkülasyon olanaklarının çeşitliliği, erişilebilirlik, toplu taşıma bağlantılarının sayısı vb.	Arc Gis haritalama / sayısal ölçümler/yerinde sayısal tespitler
	İnternet/teknoloji ile bağlantılar	İnternet erişimi, web sitesi, akıllı kent networku	Yönetici ile görüşme/ doküman tarama +/-
Çok Ölçeklilik	Ulusal bir ağın parçası olarak MYA	Milli park, doğa koruma alanı, biyosfer alanı vb statüsü	Yönetici ile görüşme/ doküman tarama +/-
	Bölgesel bir ağın parçası MYA	Bölge parkı? Bölgesel ölçekte önemi olan alan?	Yönetici ile görüşme/ doküman tarama +/-
	Belediye düzeyinde MYA planlaması	Belediyenin kontrolündeki yeşil sistemlerin parçası	Yönetici ile görüşme/ doküman tarama +/-
	Mahalle düzeyinde MYA planlaması	Mahalle parkı, semt parkı vb.	Yönetici ile görüşme/ doküman tarama +/-
	Alan düzeyinde MYA planlaması	Alan düzeyinde mezarlık, koru, park vb.	Yönetici ile görüşme/ doküman tarama +/-

Tablo 1: Yeşil Altyapı performans kriterleri, gösterge ve parametreler

Çeşitlilik	Büyük ölçekli doğal/yarıdoğal alan varlığı	Bu mekân koru alanı, kent ormanı, çayır, mera, sulak alan, doğa koruma alanı vb. bir doğal mekân içeriyor mu?	Arc Gis haritalama / sayısal ölçümler
	Büyük ölçekli yönetilen/korunan alan varlığı	Alan belirli bir kurumsal niteliği olan yönetim planı ile yönetiliyor mu?	Arc Gis haritalama / sayısal ölçümler
	Orta veya küçük ölçekli doğal/yarıdoğal korunan alan varlığı	Bu küçük veya orta ölçekli alan orman, koru, çayır, mera vb. bir doğal mekân içeriyor mu?	Arc Gis haritalama / sayısal ölçümler
	Orta veya küçük ölçekli yönetilen / korunan alan varlığı	Bu küçük ölçekli mekân bir doğa koruma planı/ statüsüne dahil mi?	Arc Gis haritalama / sayısal ölçümler
Kimlik	Kimlik oluşturan Peyzaj öğelerinin tespiti ve korunması	Yöreye özgü doğal/endemik türlerin kullanılması, yaşatılması ve korunması	Yönetici ile görüşme/ stratejik plan +/-
	Kullanıcı baskısı, koruma kullanma dengesi	Alanın kimliğini korumaya yönelik bir kapasite planlaması var mı?	Yönetici ile görüşme/ stratejik plan +/-
	Belgeleme ve gelecek kuşaklara aktarma	Alana ilişkin bilimsel çalışma, yayın, araştırma var mı?	Yönetici ile görüşme/ doküman tarama +/-

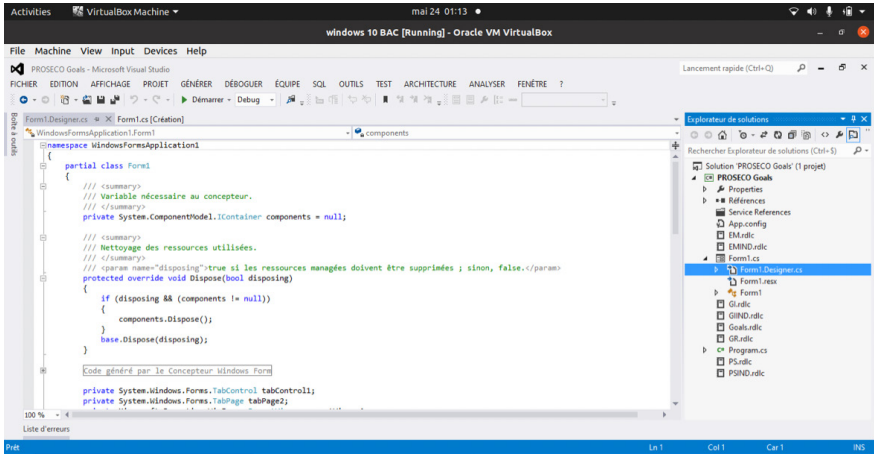
2.3. Kentsel Yeşil Altyapıların Performansının Analizi için Geliştirilen Bir Yazılım Önerisi: PROSECO

Kentsel gelişim sonucu yapılaşmış alanların çevresindeki yeşil mekânların bütünleşmesi ile ortaya çıkan yeşil sistemler, modernizmin insan odaklı yaklaşımının bir ürünü olduklarından kendilerinden beklenen ekolojik işlevleri yerine getirmede rekreasyonel işlevlere göre daha düşük performans gösterirler. Kentin insan müdahalesi ile dönüşüm geçirmiş olan yapay ekolojisini doğal ekosisteme bağlamak görevini üstlenebilecek yeşil alanların, çevredeki doğal ekosistemle nasıl bütünleştirilebileceği bugünün kentlerinin çözmesi gereken önemli bir problematiktir. Yeşil Altyapı yaklaşımı bu problemin çözümünde pratik bir çıkış yolu sağlamaktadır. Diğer taraftan, mevcut yeşil alanların yeşil altyapı kabiliyetinin ölçülmesi ve stratejik olarak geliştirilebilecek çözümlerin bu veriye göre planlanması, yeşil sistemlerin doğaya entegrasyonu ve rejenerasyonu açısından zamansal kazanım sağlayacaktır.

Özellikle yoğun nüfuslu metropolitan kentlerde, insan kullanımlarının baskısı nedeniyle, mevcut yeşil alanlar ekosistem hizmetlerini %100 performansla yerine getiremeyebilirler. Bu tip durumların tespiti ve mevcut yeşil alanların yeşil altyapı olma kabiliyetinin anlaşılması için sayısal tabanlı yazılımlar kullanarak daha objektif sonuçlara ulaşılabilir.

Bu araştırmada, mevcut yeşil alanların yeşil altyapı olma kabiliyetini anlamak, eksik oldukları noktaları tespit edebilmek ve buna göre strateji geliştirmek amacıyla; Davies, C., & Laforteza, R. (2017) tarafından ortaya konulan yeşil altyapı kriterlerini kullanarak, bu kriterleri destekleyen gösterge ve parametreler yardımıyla geliştirdiğimiz matrisi, yeşil alanların yeşil altyapı olma potansiyelini ölçebilen bir yazılım aracına dönüştürmeyi hedefledik.

PROSECO adını verdiğimiz yazılım, Visual Studio ve C#.NET (C Sharp) yardımıyla oluşturulmuş basit bir yazılımdır ve üretilen arayüz ilgi grubundaki herkes tarafından kolayca kullanılabilir. C#, genel amaçlı, herkes tarafından kullanılabilen çok paradigmatlı bir programlama dilidir. C#, nesne yönelimli (sınıf tabanlı) ve bileşen yönelimli programlama disiplinlerini kapsar. C# ile uygulama geliştirilirken kullanılan platform Visual Studio IDE'dir. Visual Studio birçok işletim sistemlerinde kullanılmaktadır.



şekil 1: Visual Studio ve C#.NET(C Sharp) yardımı ile yazılım geliştirme sürecinde kullanılan ara yüzden bir rnek.

Bu uygulama ile elde edilen arayüz, karmaşık yapıya sahip kentsel yeşil sistemlerin yeşil altyapı potansiyelinin sayısal olarak analiz edilebilmesi için katmansal olarak sınıflandırılmış birçok göstergeyi bir grafik üzerinde sayısal olarak görselleştirmeye olanak sağlamaktadır.

oluşturulmuş olması mevcut yeşil alanın, yeşil altyapıya dönüştürülmesi için alınacak stratejik aksiyonlarda güvenilir bir yön gösterici araç olma potansiyelini desteklemektedir.

Araştırmanın bundan sonraki kısmında, geliştirdiğimiz yazılımın Boğaziçi Ekosistemindeki seçili yeşil alanlarda uygulanarak çalışıp çalışmadığı sınanacaktır.

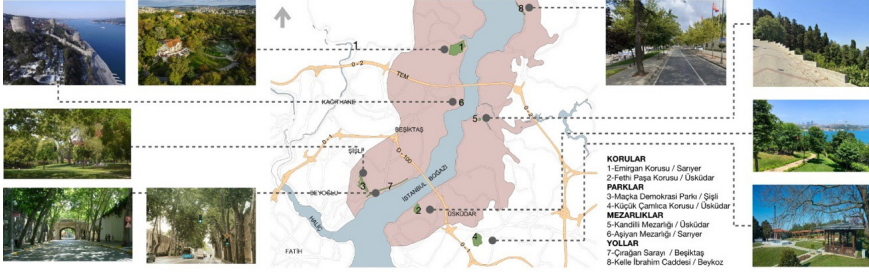
3. BOĞAZIÇI KENT EKOSİSTEMİ YEŞİL ALTYAPILARININ PERFORMANS ANALİZİ

3.1. Boğaziçi Ekosisteminin Genel Özellikleri ve Çalışma Alanı Sınırları

Çalışma alanı olarak seçilen Boğaziçi kentsel ekosistemi, iklim, toprak ve jeomorfoloji açısından ekolojik bir bütünlük içermekle beraber, kentin kültürel belleğinde yeşili ve doğal güzellikleri ile yer etmiş önemli bir değerdir. Bu özelliği ile çalışma konumuz olan yeşil altyapı performansının ölçülebilirliğine dair iyi bir laboratuvar niteliği taşımaktadır.

Boğaziçi coğrafyası ve doğal topoğrafyası ile dünyada tek örnektir. Doğa iki kıtayı ortadan ikiye ayırmış ve özel bir görünüme sahiptir (Ayvazoğlu, 2012). Başka bir tanımda ise, Karadeniz ile Marmara Denizi'ni bağlayan, kuzeydoğu-güneybatı yönünde uzanan dar bir suyolu olan Boğaziçi, İstanbul Boğazı ya da kısaca Boğaz diye isimlendirilir. Kıyıları, ortadan yırtılmış gibi girintili çıkıntılı bir paralellik izler. Her burun ve dil karşısında bir körfez ya da bir koy bulunur. Boğaziçi'nin topografik yapısı yerleşmeyi etkilemiş ve kendine özgü bir yerleşme ortaya çıkmasını sağlamıştır. Dar kıyılarda yalılar ve vadilerde köy yerleşimleri, fiziki yapı ile uyumlu bir Boğaziçi peyzajı meydana getirmiştir (Çubuk, 1994). Boğaziçi alanı, doğal ve kültürel değerleri ve bunların meydana getirdiği peyzaj bütünlüğü ile "doğal ve tarihi sit alanı" statüsünde özel koruma alanıdır. 2960 sayılı Boğaziçi Kanunu'nda tanımlanan Boğaziçi Alanı, Avrupa yakasında; kuzeyde Sarıyer, güneyde Beşiktaş ilçesi ile Anadolu yakasında; kuzeyde Beykoz, güneyinde Üsküdar ilçesi sınırları içerisinde dört ilçe idari sınırları kapsamındadır. Boğaziçi Alanı'nın kapsadığı alan, 11.500 hektardır. Bu toplam alanının 4635 hektarlık kısmını Boğaziçi Sahil Şeridi ve Öngörünüm Bölgesi alanı oluşturmaktadır (İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Boğaziçi İmar Müdürlüğü, 2006). 1983 Boğaziçi 2960 sayılı kanununa göre; Boğaziçi Alanında yer alan ve orman sayılmayan kamu kurum ve kuruluşlarına veya özel mülkiyete ait koru, koruya katılacak alan, çayır, mesire yeri, bostan ve benzeri alanlar yeşil alan sayılır ve bitki varlıkları geliştirilerek muhafaza edilir. Bu alanlardaki ağaç varlıklarının yok edilmesi veya tahrip edilmesi yasaktır.

Bu araştırma Boğaziçi yeşil alanlarının kentin dayanıklılığına etkilerinin ölçülmesi yanında, bu alanların korunması ve tahribinin önlenmesi için farkındalık oluşturulması açısından önem taşımaktadır. Ayrıca yürürlükte olan Boğaziçi kanununun etkin şekilde uygulanması adına güncel veri elde edilmesi ve bu verilerin kentsel dirençliliğe katkı sağlayacak yeşil altyapı stratejisinin geliştirilmesinin önü açılmış olacaktır.



Şekil 3: Çalışma Alanları

Yazılımın sınanması için örnek alan olarak, tanımlı bir peyzaj bütünlüğü içermesi sebebiyle İstanbul Boğaziçi ekosistemi seçilmiştir. Boğazın kentsel yeşil mekânlarına bakıldığında Boğaziçi kent ekosistemini oluşturan başlıca yeşil altyapı mekânlarının 4 ana tipolojiden oluştuğu tespit edilmiştir. Bunlar; “korular”, “parklar”, “ağaçlandırılmış cadde ve bulvarlar” ile “mezarlıklar” olarak sınıflandırılmıştır.

Avrupa yakasında Emirgan Korusu, Maçka Demokrasi Parkı, Aşyan Mezarlığı ve Dolmabahçe Çırağan Caddeleri; Anadolu yakasında Fethi Paşa Korusu, Küçük Çamlıca Korusu, Kandilli Mezarlığı ve Kelle İbrahim Caddesi performans değerlendirmesi yapılan alanlardır. Şekil 3’te bu alanların konumları ve özellikleri harita üzerinde gösterilmektedir. Bu alanlarda yapılan yerinde gözlem ve tespitler, alan yöneticisi ile birebir görüşme, kullanıcılar ile görüşmeler, mekânsal özelliklerin haritalandırılması, sayıya nitelikli göstergeleri betimleyecek indislerin hesaplanması gibi yöntemlerle toplanan veriler PROSECO içerisinde tanımlanan yeşil altyapı kriterleri başarı göstergelerine 100’lük sistemde puan olarak yansıtılmış ve elde edilen başarı grafiklerinde her alanın performansı, güçlü ve güçsüz olduğu yönler sayısal olarak ortaya çıkarılmıştır.

3.2. Çalışma Alanlarının Yeşil Altyapı Performans Analizi Kapsamında Sahada Yapılan Tespitler

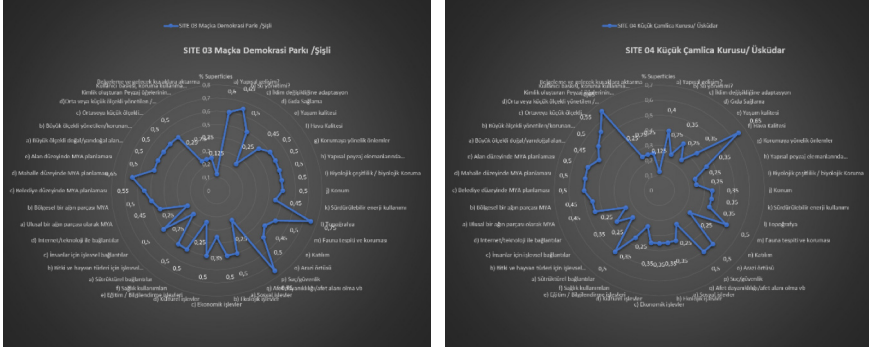
Boğaziçi kent ekosisteminin parçası olan koru alanlarında yapılan çalışmada, Emirgan Korusu ve Fethi Paşa Korusu incelenmiştir. Her iki alan da kentin doğal ekolojik yapısından izler barındırmasına ve diğer altyapılarla entegrasyon gerçekleştirme kapasitesine sahip olmasına rağmen, kentin diğer ekosistem unsurları ile zayıf bağlantılılık gösterdiği gözlenmektedir. Ayrıca relikt doğal mekânlar olarak nitelendirilebilecek bu alanların biyolojik çeşitlilik açısından özelliklerini koruyabilmeleri için üst ölçekte bir planlama stratejisi geliştirilmesine ve kurumsal bir koruma ağının parçası olarak koruma planları dahiline alınmasına acilen ihtiyaç olduğu yine sayısal verilerle elde ettiğimiz tespitlerimiz arasındadır (Şekil 4).



Şekil 4: Emirgan Korusu ve Fethi Paşa Korusu YA Performans Grafikleri ve alandan fotoğraflar

Çalışma alanı olarak seçilen Maçka Demokrasi Parkı ve Küçük Çamlıca Korusu yapısal ve işlevsel açıdan rekreasyonel faaliyetlere yönelik olarak tasarlanmış birçok mekân ve eleman içermektedir. Boğaziçi'nin ekolojik kimliğini yansıtan eğimli topoğrafya, Boğaz manzarasına açılan seyir terasları ve Boğaza özgü bitki topluluklarını içeren bu iki park alanı, yoğun yapısal kullanım baskısı altındadır. Kentsel yeşil altyapı yönünün güçlendirilmesi

adına, bu mekânların doğal niteliklerinin koruma altına alınması ve yapısal gelişimi sınırlandıracak mekânsal planlama stratejisinin yerel yönetimlerce oluşturulması gerekmektedir. Çok işlevlilik açısından ekolojik işlevlerin bu gibi basılardan dolayı zayıfladığı ve alanın bağlantılılık özelliğinin geliştirilmesi gerektiği tespit edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5: Maçka Demokrasi Parkı ve Küçük Çamlıca Korusu YA Performans Grafikleri ve alandan fotoğraflar



Şekil 6: Kandilli Mezarlığı YA Performans Grafiği ve alandan fotoğraf

Mezarlık alanları kentlerin ekosistem dengesinin korunmasında etkili olan görünmez savaşçılardır. İstanbul'un Boğaz ekosisteminin genel imajını yansıtan servi ve erguvan ağaçlarının kitlesel olarak korunduğu bu mekânlarda, doğal toprak yüzeylerin fazla olması kentin su çevrimine de katkıda bulunmalarını sağlar. Yaptığımız analizlerde mezarlıkların ekolojik işlevler açısından yeterli düzeyde olduğu, ancak çok işlevlilik ve bağlantılılık açısından bütüncül bir stratejik yaklaşımla ele alınmaları gerektiği sonucuna varılmıştır (Şekil 6).

Bitkilendirilmiş cadde ve bulvarlar büyük lekeler halindeki kuru ve park alanları arasında peyzaj koridorları oluşturarak ekolojik bağlantılılık ve bütünleşmeyi sağlarlar. Araştırma alanımızda bulunan ve karşılıklı dikilmiş çınar ağaçları ile bitkilendirilmiş olan Çırağan Caddesi ve kelle İbrahim Caddesi kentsel peyzaj

koridoru oluşturma kabiliyetine sahiptir. Ancak alanda yaptığımız tespitler ve Şekil 7’de görülen grafik de bu caddelerdeki ağaçların plansız yapısal eylem ve elemanlar tarafından ciddi baskı altında olduğunu doğrulamaktadır. Biyo-kütle etkisi yüksek yaşlı çınar ağaçları ile bitkilendirilmiş bu caddelerin kent ekosisteminin bir parçası olarak görülmesi ve acil koruma planları ile sürekli izlenerek koruma-kullanma dengesinin gözetilmesi gerekmektedir.



Şekil 7: Çırağan Caddesi ve Kelle İbrahim Caddesi YA Performans Grafikleri ve görseller

4. SONUÇ

Kentlerde çeşitli risklere karşı dirençlilik düzeyinin artırılması açısından yeşil alanların yeşil altyapı stratejisi kapsamında planlanarak bütünleştirilmesi ve birbirine bağlı bir ekolojik ağ olarak ele alınması birçok kentte uygulanan bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu araştırma kapsamında geliştirilen yazılım ile yapılan analizler, herhangi bir yeşil alanın yeşil altyapı performansını görebilme yanında; farklı alanları karşılaştırmalı değerlendirmeye de olanak tanımaktadır. Ayrıca bu yazılımın kullanımı yeşil alanların YA performansını sürekli olarak izleme açısından bir veri tabanı oluşturması ve sayısal değerlendirmeyi kolaylaştırması gibi özellikleri bakımından yerel yönetimlerin ve karar vericilerin yeşil altyapı geliştirme bağlamında stratejik yaklaşım geliştirmesini desteklemektedir. Bu araştırma süreci belediyenin ilgili birimleri ile koordinasyon halinde sürdürülmüş ve sürdürülmekte olup, çalışmanın sonuç çıktıları yetkili birimlerle paylaşılmaktadır. Araştırmanın sonraki aşamasında hedeflenen, burada bir başlangıç niteliğinde sunulmuş olan yeşil altyapı performansına yönelik sayısal değerlendirme yönteminin nicel yönden güçlendirilmesidir.

Teşekkür

Bu araştırmanın hayata geçirilmesinde veri temini ile araştırmacılara destek olan İstanbul Büyükşehir Belediyesi, Park, Bahçe ve Yeşil Alanlar Daire Başkanlığı'na teşekkür ederiz. Bazı görsellerin oluşturulmasında bize destek olan İstanbul Medipol Üniversitesi Kentsel Tasarım ve Peyzaj Mimarlığı Bölümü öğrencisi Ezgi Kahraman'a teşekkürler. Çalışmanın ikinci yazarı olan Chouaib Guerrou, PROSECO yazılımının geliştirilmesinde doktora tezi ile önemli ölçüde katkı koymuştur, kendisine teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Ayvazoğlu, B. (2012). *Şehir ve Kültür İstanbul*. İstanbul: Profil Yayıncılık.
- Coutts C., Hahn M., (2015) . Green Infrastructure and Ecosystem Services and Health, *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 12(8), 9768-9798.
- Çubuk, M., (1971) 'Boğaziçi Mekânının Düzenlenmesinde Bazı İlkeler', İTÜ Mimarlık Fakültesi.
- Davies, C., & Laforteza, R. (2017). Urban green infrastructure in Europe: Is greenspace planning and policy compliant? *Land Use Policy*, 69, 93–101.
- Guerrou, C. (2022). A Comprehensive Model Proposal For Ecological City Planning In African Sahara Region: Case Of Adrar Algeria; PhD Thesis, Okan University, Institute of Science and Technology.
- Seiwert, A.; Röbler, S. (2020). Understanding the term green infrastructure: origins, rationales, semantic content and purposes as well as its relevance for application in spatial planning. *Land Use Policy*, 97 (2020) 104785.

Hesaplama Çağında Tasarım Yönelimselliği için Kapsayıcı Bir Çerçeve

DUYGU TÜNTAŞ 
TED Üniversitesi
duygu.tuntas@tedu.edu.tr

Özet

Teknolojik gelişmeler ve karmaşıklık paradigmaları, tasarımcıların entelektüel alanını ve mimarlığın disiplinler sınırlarını genişleten tasarım araçlarını ve metodolojilerini değiştirmiştir. Bu araçlar, aynı zamanda, uzun süredir yerleşik olan insan merkezli tasarım yönelimselliği dengesini de bozmuştur. Bu durum, çağdaş teknolojik ve ontolojik bağlamların incelikleriyle yüzleşmeyi gerektirmektedir. Bu yüzleşmenin zorluğuna cevaben, bu makale, mimari tasarım araştırmasında tasarım yönelimselliğini sorgulanmayan bir kavram olarak tanımlamakta, varsayımları ve disiplinler karmaşıklıklarıyla hesaplama çağındaki bir tartışmayı yeniden başlatmaktadır. Bu çalışmada, hesaplamalı mimarlık alanında kapsayıcı bir yönelimsellik yaklaşımını ele almak için kavramsal bir çerçeve sunulmaktadır. Bunu yaparken, ilk olarak, hesaplamalı tasarım araştırmasında yönelimsellik kavramı tanımlanır. Tekno-sosyal bir kaygıyla felsefe, antropoloji ve bilişsel bilimlerdeki kavramla ilgili fikirlere bakılır. Ardından, insan merkezli tanımlı yerine, tasarım sürecinde insan olmayan varlıkları da kapsayan bir model inşa etmek için, yönelimsellik kavramı “aracı” ve “eylem” bileşenlerine ayrılır. Son olarak, karar verme süreçlerinde tüm araçların bir arada var oluşunu ele alabilecek farklı yoğunlukları ve koşulları gösteren bir spektrumla “dağıtılmış bir tasarım yönelimselliği” modeli önerilir. Makale, tasarım sürecinin hem insanın hem de insan olmayan algoritmik aracılıkların yetenekleri dahilinde genişleyen bir işbirlikçi sentez alanı olduğunu iddia ederek sona erer. Bu çalışma, mimari tasarımda baskın yaklaşım, yönelimsellik kavramını (insan) mimarın dehasının tanınmasına dayandırarak mesleğin merkezine yerleştirildiğinden, anlamlı bir tartışma ve titiz araştırmadan yoksun olan bu kavramın ele alınmasıyla mimarlığın kuramsal literatürüne ve söylemine katkıda bulunmayı hedefler; tasarım yönelimselliği için kapsayıcı bir çerçeve ile, hesaplamalı tasarımda etik ve iş birliğine ilişkin yeni bir bakış açısı sağlanabileceğini savunur.

Anahtar Kelimeler: Tasarım yönelimselliği, Aracılık, İnsan ve insan olmayan, Asamblaj, İşbirlikçi tasarım

An Inclusive Framework for Design Intentionality in the Age of Computation

DUYGU TÜNTAŞ 
TED University
duygu.tuntas@tedu.edu.tr

Abstract

Technological developments and complexity paradigms altered the design tools and methodologies, which expanded the intellectual landscape of designers and architecture's disciplinary boundaries. These tools have also unbalanced the long-established anthropocentric account of design intentionality. This condition requires confronting the intricacies of contemporary technological and ontological contexts. In response to these challenges, this paper identifies design intentionality as an unquestioned concept in architectural design research. It reinstates a discussion in the age of computation with its presumptions and disciplinary entanglements. This study offers a conceptual framework to address an inclusive account of intentionality in the field of computational architecture. In doing that, first, a conceptual elaboration of intentionality is provided in computational design research. With a techno-social concern, the paper looks at the ideas related to the concept in the philosophy, anthropology, and cognitive sciences. Then, for an inclusive model, the concept of intentionality is dismantled and augmented with the notions of "agency" and "action." Finally, a distributed form of design intentionality is proposed with a spectrum that illustrates different intensities and conditions which can address the coexistence of human and nonhuman agencies in the decision-making processes. The paper concludes by claiming the design process as a collaborative space of synthesis, a field that extends within the agentic capabilities of both the designer and the algorithmic agency, human and nonhuman. The study contributes to the theoretical literature and discourse of architecture which lacks a meaningful discussion or meticulous research of the concept on its own terms, mainly because the notion of intentionality is placed at the hard core of the profession as the dominant approach grounds itself in recognition of the mastermind of the architect. An inclusive framework for design intentionality can provide a new perspective on

the ethics and collaboration in computational design.

Keywords: Design Intentionality, Agency, Human and Nonhuman, Assemblage, Collaborative design

1. INTRODUCTION

Technological developments and complexity paradigms altered the design tools and methodologies, and in turn, expanded the intellectual landscape of designers and architecture's disciplinary boundaries. These tools have also unbalanced the long-established anthropocentric account of design intentionality. This condition requires confronting the intricacies of contemporary technological and ontological contexts. In response to these challenges, this paper identifies design intentionality as an unquestioned concept in architectural design research.

The paper offers a conceptual framework to address an inclusive account of intentionality in the field of computational architecture. In doing that, first, a conceptual elaboration of intentionality is provided in computational design research. Then, for an inclusive model, the concept of intentionality is dismantled and augmented with the notions of “agency” and “action.” Finally, a distributed form of design intentionality is proposed with a spectrum that illustrates different intensities and conditions which can address the coexistence of human and nonhuman agencies in the decision-making processes.

1.1. Theoretical context

In the 1990s, a rupture in the history of architecture and design, later named the Digital Turn in Architecture (Carpo, 2013), occurred by the introduction of digital tools in research and practice, which was received with great excitement and euphoria, immediately forming a strong tendency –even a subculture– among designers and design researchers.¹ Exploring complex systems' generative potentials and emergent capacities leads to privileging these new tools. The ability to compute massive data within the emergent and self-organizational capacity of new processes has created a specific interest in the field of architecture. Through the properties of complex systems, design can become an autonomous process that can order, self-organize, and even adapt. With such capacities for spontaneous self-organization, these processes produce behavior that is “not at all random,” even though the system is fed with “completely random initial conditions” (Wolfram, 2002).

1 The establishment of multiple design research groups include but are not limited to the Emergent Design Group at the School of Architecture & Planning, MIT; Emergence + Design Group led by Michael Hensel, Achim Menges and Michael Weinstock in Architectural Association; Institute for Computational Design and Research, especially ICD/ITKE Research Pavilions led by Achim Menges and Jan Knippers at University of Stuttgart.

The origins of this tendency can be traced back to the experimental studies of the architect Frei Otto² in the mid-20th century, who considers design as “problem-solving” with “an intuitive understanding of the physical properties of structure” and denies artistic motivation to avoid ‘burdening a project from the outset with preconceived ideas’ (Glaeser, 1972). This shift -which has been called one from “form making” to “form finding”- informs the problematization of this study which is located at the very interface of design and technology. This concern is further extended by the mutual promotion and sustenance of computational research based on computational tools’ superiority and operational efficiency in managing complexity (De Landa, 2005).

In such a discursive field, the consideration of intentionality naturally dissolves and becomes an object of disinterest with the “triumph of the far from equilibrium paradigm,” as Manuel De Landa asserts (2005). A strong remark on the disposal of intentionality is later followed and heartened by Mario Carpo’s announcement on the “dissolution of architectural authorship” (2011). Authorship as a fellow concept of design intentionality is believed to be firmly grounded in the human subject. Following the first digital turn in architecture, Carpo proposes *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence* to demarcate the nature of the current paradigm. This statement is grounded on the increase in data-compression technologies and the idea of Big Data. According to Carpo (2017), the increase in speed and capacity in electronic computing has led to quantitative advancements, representing not a breakthrough but a threshold in the unimaginable posthuman complexity.

2. CONCEPTUAL ELABORATION OF INTENTIONALITY

For a definition of intentionality in the philosophical field, the most comprehensive work has been done by Edmund Husserl. Besides the notions of consciousness, intersubjectivity, and embodiment, Husserl puts the question of intentionality at the core of his theory of phenomenology (Husserl, 1962; Sokolowski, 2000; Kosowski, 2010). Dan Zahavi (2003) defines the Husserlian account of intentionality as “an intrinsic feature of consciousness,’ which is ‘not merely a feature of our consciousness of actually existing objects, but also something that characterizes our fantasies, our predictions, our recollections, and so forth”. According to Zahavi (2003), Husserl’s analysis of intentionality can be defined based on three elements: the intentional act,

2 Frei Otto founded Entwicklungsstätte für den Leichtbau (Development Center for Lightweight Construction) in Berlin 1957. Between the years 1955 and 1972, he produced shell, tensile, pneumatic and space frame structures, mostly in the form of suspended roofs and tents, also including silos and water towers.

the intentional object, and the intentional content. While the intentional act and object reside self-explanatory, Husserl seems primarily concerned with the notion of ‘intentional content’ since, according to him, every act possesses intentional content, which defines the mode or way in which a thought is about an object. Zahavi (2003) informs that “it is the intentional content that makes consciousness intentional, furnishing the act with its directedness,” in other words, the act of giving meaning and interpretation becomes possible through the intentional content. According to Zahavi, Husserl further distinguishes two interdependent and abstract components of intentionality: intentional matter and intentional quality: The first component specifies what the experience is about by providing the act with its directedness toward an object, and the second defines the specific type of experience by merely qualifying the reference and not establishing it.

Suppose we dismantle Zahavi’s account of the Husserlian concept of intentionality. In that case, we can come up with an account in which “agency” is conceived as the intendant with intentions towards a referent (e.g., an idea, entity, event, situation) and “action” is the way of relating the intendent to that referent. The paper discusses such an agentic account by acknowledging the contributions of both humans and nonhumans and exploring the relationship in-between them through the actions to propose different degrees and intensities of agencies that can then share and delegate intentionality with each other in the design process.

The arrival of machine computation in our intellectual landscape has profoundly and widely impacted research in the many disciplines concerned with studying the mind (Horst, 1996). The considerations of intentionality in the computational realm have started with the curiosity to understand the inner workings of the human mind. The studies of philosophers like John Searle (1980a; 1980b; 1983) and Daniel Dennett (1969; 1987) have profoundly affected the research on the relationship between human reason and the computing machine. Intentionality -one of the most ambiguous concepts that long occupied philosophy- has a potential place in many other disciplines and research areas concerned with the notions such as the human mind, human behavior, and human relationship with the environment. These disciplines and research areas include but are not limited to philosophy, anthropology, ethics, linguistics, epistemology, ontology, cognitive science, technology studies, machine learning, artificial intelligence, and cybernetics.

In parallel to these developments, the new design tools that technology entails unsettled the long-established anthropocentric account of intentionality.

According to Terzidis (2014), using computational methods, “the designer gets results that are often unintentional, unpredictable, and unexplainable and when that happens, a black box is set between intention and action”³. He means that if the designer doesn’t acknowledge the inner workings of computational tools or computer programs, they can only feed the program with inputs and access to the output. Such a transfer of human intentionality to the organizational capacity of algorithmic agency creates a rupture in the process of encoding the designer’s intentionality with the mediation of computation and necessitates reclaiming the interpretative lead of intentional human agency within the constellations in which heterogeneous agencies perform various design tasks.

3. EXTENSION OF INTENTIONALITY THROUGH THE CONCEPTS OF AGENCY AND ACTION

By discharging from the anthropocentric account of human superiority, this study suggests acknowledging the necessity of the concepts of agency and action so that a shift towards an inclusive understanding can be made to extend the concept of intentionality towards a comprehensive and distributed account. The vocabulary of the concept of agency is brought into the literature through the prominent theories by Gilles Deleuze (1990) and Gilles Deleuze and Félix Guattari (1972, 1980). For the concern of this study, the Deleuzian concept of assemblage is of great value in understanding the human-nonhuman condition in the contemporary era –especially when discussing the human-technology relation. The considerations of the agency will provide for terminology to be later recruited for the assessment of intentionality in computational architecture and design. In opposition to the conventional account of intentionality in which a single human actor is the source and unit of action, Werner Rammert’s (2008) discussions are also significant as they extend the concept of intentionality with the notions of agency and action.

3.1. Beyond the human and nonhuman divide: Deleuze’s concept of “expressive agency”

In his article ‘Human and Nonhuman Agency in Deleuze,’ Sean Bowden (2015) comprehensively discusses the Deleuzian account of agency, as defined in *The Logic of Sense*, that “can be thought of as compatible with the general features of an affective assemblage approach to agency’ by which he claims ‘Deleuze

3 The term “blackbox” refers to a system in which an immediate observer can only access to its inputs and outputs while the inner workings are unknown. Originally defined in computer science and programming, the theory of black box is adopted by various disciplines such as philosophy of mind, cognitive science, psychology etc. In different conditions, both human behavior and an algorithm can be considered as a blackbox. The opposite concept is called a “transparent box”.

provides us with the resources for developing an account of human intentional action that is, arguably, compatible with an ontology of assemblages”. Bowden claims that “the key idea behind the expressive conception of agency is that actions are in some sense primary in relation to the intentions that animate them”. We see that the concept of agency in Deleuze (1988) is based on Spinozan ethology in which -human or nonhuman- all beings are considered as a “composition of fast and slow speeds, of capacities for affecting and being affected”. In this conception, there is no ontological distinction between human and nonhuman or even between artificial and natural, but rather the focus is the “affective capacity” of agents.

According to Bowden (2015), there are two main approaches to the Deleuzian conception of agency in contemporary literature: In the first approach, the scholars do highlight “the nonhuman virtual ground” by affirming the “real agency is essentially nonhuman,” and the second approach is formed by those who assign agency to both human and nonhuman, either by suggesting a symmetrical condition or by emphasizing a “distinct kind of human intentional agency”. He exemplifies Peter Hallward’s reading of Deleuze for the first approach in which human beings are passive, and “virtual creations” are the real agency that has the capacity to “make new, to transform, change, disrupt, differ” (Bowden 2015; Hallward, 2006). If we develop from Bowden’s analytical reading, Bruno Latour’s seminal work on Actor-Network-Theory can be declared the strongest defender of this account of agency that considers human and nonhuman in a symmetrical way (Akrich and Latour, 1992). Uwe Seifert (2008) describes Latour’s actor-network theory, which considers “the action relation between humans and machines to be symmetrical, and advocate[s] a kind of anthropology, especially a symmetrical anthropology, which views the roles of machines in human-machine interaction in general to be equated with human roles”. Seifert (2008) reviews the human-machine interaction and concludes that the discussions also reveal a twofold outcome about the human and nonhuman, which indicates no necessity to couple the accounts of action, interaction, and interactivity only with human agency, and in addition, that such human-nonhuman condition creates an integrated formation that increases and brings together the strongest parts of both human and machines. Latour looks for effectiveness in human-nonhuman assemblages. However, this study’s concern is on the exploratory capacity of human-nonhuman interaction and how they inform one another and expand their intentional capacity. In this regard, originating from a Deleuzian conception of expressive agency, Jane Bennett’s theorization of agency in Political Philosophy is significant since her approach to the concept of agency doesn’t fully flatten and

symmetrize the human-nonhuman relationship, at the same time emphasizing the indispensable role of the human agency in an assemblage (Bennett, 2010).

3.2. Virtuality of agency and Bennett's concept of 'thing-power'

"[T]he human being is both immersed in a world of nonhuman forces and inseparable from affective relations with [the] nonhuman." (Bowden, 2015)

According to Bowden (2015), Bennett (2010) proposes that agency should be considered as "distributed throughout a Deleuzo-Spinozan affective assemblage of human and nonhuman actants, rather than something explicable only with reference to human will or intentionality". She emphasizes the agentic contributions of nonhuman forces to 'cultivate a bit of Anthropomorphism – the idea that human agency has some echoes in nonhuman nature – to counter the narcissism of humans in charge of the world' as the condition of the possibility of human agency.⁴ Bennett (2010) remarks: 'A touch of anthropomorphism can catalyze a sensibility that finds a world filled not with ontologically distinct categories of beings (subjects and objects) but with variously composed materialities that form confederate.' Her account of agency is grounded on the Deleuzo-Spinozan approach to human and nonhuman, which can be thought of with a symmetrical account of the natural and artificial. According to Deleuze (1988):

"[T]he plane of nature that distributes affects does not make any distinction at all between things that might be called natural and things that might be called artificial. Artifice is fully a part of nature, since each thing, on the immanent plane of nature, is defined by the arrangements of motions and affects into which it enters, whether these arrangements are artificial or natural." (p.124)

In parallel with this Deleuzo-Spinozan account, Bennett (2010) draws attention to the complexity of forces in human-nonhuman assemblages and states: "There was never a time when human agency was anything other than an interfolding network of humanity and non-humanity; today this mingling has become harder to ignore". In the conventional human-nonhuman relation, an encounter with the human world can be explained with a distinct divide in which only humans have intentionality by being the active subject of any action, and nonhuman is the passive object. However, this split between human and nonhuman becomes vague when the nonhuman is an invisible force, such as energy, or a virtual thing that resists representation.

4 According to Bennett, anthropomorphizing involves the interpretation of what is not human or personal in terms of human or personal characteristics.

On the problem of invisibility and virtuality, according to Bennett, Deleuze's idea of the "virtual"⁵ (Seifert, 2008) has a similarity with Foucault's notion of the "unthought" (Ramp, 2001).⁶ Accordingly, she states that both thinkers are "trying to acknowledge a force that, though quite real and powerful, is intrinsically resistant to representation". In search of these nonhuman forces that are by nature not directly accessible to human visual content, Bennett acknowledges "matter-energy" as the smallest unit of affect for any human or nonhuman beings. She further develops on an account for the contributions of nonhuman actants and insinuates the concept of "thing-power" that signals "the strange ability of ordinary, man-made items to exceed their status as objects and to manifest traces of independence or aliveness" and brings forth "an alternative to the object as a way of encountering the nonhuman world" (2010). She proposes a shift from "a world of nature versus culture" to "a heterogeneous monism of vibrant bodies" by noting that "encounters with lively matter can chasten my fantasies of human mastery, highlight the common materiality of all that is, expose a wider distribution of agency, and reshape the self and its interests".

Asking for an intersubjective field, Bennett (2010) calls for Maurice Merleau-Ponty's theory of Phenomenology of Perception, which according to her, is "designed to avoid placing too much weight on human will, intentionality, or reason" and instead concentrate on the "embodied character of human action" (pp. 29-30). In opposition to an account of human-centered intentionality, she emphasizes a theory of distributive agency that does not place a human agency at the core of an effect, while at the same time "does not deny the existence of that thrust called intentionality, but it does see it as less definitive of outcomes". Bennett affiliates the concept of agency with the terms: efficacy, trajectory, and causality. Firstly, agency has efficacy that "points to the creativity of agency, to a capacity to make something new appear or occur"; secondly, it is attached to the idea of a trajectory, a directionality or movement away from somewhere even if the toward-which it moves is obscure or even absent. Thirdly it has causality. She notifies:

"[A]n actant never really acts alone. Its efficacy or agency always depends on the collaboration, cooperation, or interactive interference of many bodies and forces. A lot happens to the concept of agency once nonhuman things are

5 According to Manuel De Landa, for Gilles Deleuze, "virtual" is a term for something that is real but not actual.

6 According to William J. Ramp, "Foucault's discussion of the unthought illuminates both the question of intent and that of consequence" by describing "the nineteenth century human sciences as motivated by a quest for the unthought as the hidden or repressed truth of civilization."

figured less as social constructions and more as actors, and once humans themselves are assessed not as autonyms but as vital materialities.” (p.21)

Bennett’s account of agency is significant in addressing a complex and distributed form of intentionality which values the contributions of both human and nonhuman agencies yet argues for a distinct type of human responsibility. According to Bowden (2015), Bennett’s work is a timely reminder that “overly-simplistic conceptions of human agency are both descriptively inadequate, insofar as they tend to overlook the complexity of situations in which human action is produced” (p.64).

3.3. Concept of action

“[A]ctions are intrinsically directed, or inhabited by the intentions that direct them, even if the articulation of the content of this intention is inseparable from the action’s unfolding in the expressive dimension proper to it.” (Taylor, 1983, quoted in Bowden, 2015, p.76)

Werner Rammert (2008), Professor of Sociology and Social Studies of Technology, problematizes the conventional conception of action associated closely with the anthropocentric account of human intentionality and reflected in the master-slave form of a relationship between human, who possesses action, and his instrument [34]. In this classical definition, action means “moving the body, making something, showing initiative, bringing about an alteration by force, and expressing oneself thereby”. Rammert asserts that the continuation of such a definition of action neglects the nonhuman agency and leads to an unproductive and incomplete understanding of technological developments in which massive changes occur in the design of the intelligent machine, where many agents are included in the creation. Acknowledging the difference between software agents from human actors, he points out that these technological agents are also different from the “classical machines and media” with their respective capacities of being active and interactive (p.63). Even though they are human made, these technological objects can be called agents. They are quite peculiar in this sense because they are “equipped with a feedback mechanism,” therefore, they are fundamentally different from the previous systems that were completely blind and passive (Rammert, 2008).

To bring forth a productive and sophisticated definition of agency, Rammert focuses on the concept of action by examining the relationship between humans and nonhumans. He further points out the significant changes in human-technology relations that wait to be conceptually revisited and turned into a field including more active agents and agencies. According to him, one of the

alterations in the human-technology interface is the shift from “instrumental causality” to “interactive contingency,” i.e., the shift from the hierarchical instrumental actions, in which people is the only source of activity, toward relations of interactivity in which “heterogeneous sources of activities” are included (p.65). Another change is the fragmentation of action, i.e., delegating some actions to multiple pro-active and cooperative agents that mimic human agency and perform parts of the action in the background. As Rammert defines: “From a technological view, agents are particular computer programs. They are written with the intention that software agents can execute actions like human agents. This means that actions are delegated to them. The agents divide and delegate the action among other agents. They cooperate with one another, thereby moving, taking the initiative and addressing others.” (p.67)

The last point that Rammert (2008) indicates is the occurrence of hybrid constellations that emerge from and are made of a hybrid mix of human agency and advanced technologies, such as machines and programs. Responding to these changes in human-technology relations, he proposes an account of agency that includes “different levels of human agency as well as different levels of technologies in action” (p.65). Therefore, drawing attention to the changing role of technologies from passive instruments to active agents and mediators, Rammert suggests replacing the narrow concept of instrumental action with a broader concept of “inter-agency” that includes “interaction” between human agency, “intra-activity” between technical agents, and “interactivity” between human and nonhuman (p.71). Among these three types of agency, interactivity proposes a cross-relation between the human-nonhuman interface, thereby proposing the most significant relationship in a heterogeneous hybrid setting.

On the notion of intentionality, Rammert criticizes the anthropocentric account of human intentional agency and states that it is an outcome of “an efficient strategy of teaching and tradition-building to attribute a thought act to one author because it reduces cognitive and social complexity” (p.78). He explains this idea with the act of writing that “arises as a distinct action because it is sectioned off, retrospectively emphasized, and ascribed to a single unit, an actor or an author,” i.e., “the very idea” of the product of the act –a book in this case– is attributed to a single human actor (p.77). Despite the uniqueness of the act of writing, it never happens as a single action; instead, it is an externalization of accumulation and connected with many preceding thought actions of other thinkers and writers. Rammert continues:

“The act of writing interrupts this continuous chain of acts and turns it into the unique philosophical thought action that changed the world or at least

the world view. The act of writing the sentence down by one single actor is emphasized, but both the flux of thought acts before and the sequences of actions afterwards, such as printing, distributing, reading, teaching and learning, were put into brackets and neglected.” (p.78)

In opposition to the conventional account of intentionality in which a single human actor is the source and unit of action, Rammert’s account is significant as it extends the concept of intentionality with the notions of agency and action, which now can form hybrid constellations made of heterogeneous units of agencies with different intensities and conditions.

4. INTENSITY AND CONDITION OF AGENCY

Instead of a flattened concept of agency, Rammert (2008, 2011) considers distributed agency as a “concept beyond human action and technical means” and proposes a multi-level model to recognize the action-distribution by “a hybrid mix of agencies like people, machines and programs” instead of the dual concept of human action and machine’s operation. In conceptualizing the condition of intentionality, this part will refer to the discussions of Steven Horst (1996), a professor of philosophy of mind in cognitive science. In *Symbols, Computation, and Intentionality: A Critique of the Computational Theory of Mind*, he discussed the approach of Kenneth Sayre and John R. Searle on the human-nonhuman relationship regarding the Computational Theory of Mind (CTM). Following the present delineation of the theoretical framework on the conception of intentionality and its augmentation with the concept of agency and action, the study attempts to visualize a spectrum of intentionality with respect to Rammert’s multi-level model of agency and Steven Horst’s conditions as intrinsic and derived intentionality.

4.1. Intensities: Causality, contingency, intentionality

In Rammert’s conceptualization (2008), on the level of causality, there is weak intentionality based on a performative aspect; in the lowest form, it can be assigned with a task of selection from pre-selected options, and at the highest, it may have a capacity to self-generate actions. On the level of contingency, a capacity to act differently and to choose between options is required. Contingency here denotes a negotiation of agencies, and an adaptation by a human as well as a program is expected when there is a change in the course of things “in such a way that its consequences are not immediately transparent and accountable to the others” (p.76). Rammert (2008) exemplifies this level of intentionality with the Turing Machine, where it becomes almost impossible to detect whether the human or computer agency performs the action. On

the level of intentionality, an intentional action is expected, and this kind of agency is allocated to a human intentional agency. Software agents do not have intrinsic intentional consciousness; however, they can be programmed with “an intentional vocabulary by which they really coordinate and communicate their activities as human actors do, with similar semantics” (Rammert, 2008, p.76). These new semantics require reconsidering human and nonhuman roles to create a common ground for communication.

4.2. Conditions: Intrinsic and derived intentionality

According to Horst (1996), the two modes that intentionality can be owned are intrinsic and derived: Human agency has intentional states which have intrinsic intentionality, and “symbols have it only derivatively”. Intentionality in computer symbols is “derivative or conceptually dependent because it refers back to the sense that is applied to cognitive states” (Horst, 1996, p.72). Horst states that Sayre puts more emphasis on the role of human agency in computers or “the role that computer users and programmers play in imbuing symbols in computers with meaning and intentionality” and denies that computers exhibit any kind of intentionality; on the other hand, Searle admits a kind of intentionality that is derived from human agency. According to Horst (1996), “Searle has in mind something like this notion of conceptual dependency of symbolic intentionality [...] ‘meaningfulness’ and ‘intentionality’ of symbols in computers is ‘dependent’ upon the intentions of users and programmers.” (p.72-73) Following Searle, Horst (1996) claims that “an object has derived intentionality just in case it received or inherited its intentional properties from another object having intentional properties by way of some causal connection,” and he records:

“The intentionality of symbols in computers, according to Searle, can be explained in just the same fashion. Symbols in a computer, like marks on paper or vocalized sounds, are not intrinsically meaningful. Meaning is imputed to symbols by some being who has intentional states. [...] In the case of symbols in computers, it is the designer, programmer, or user. Intentional states have intentionality intrinsically; symbols have it only derivatively.” (p.64)

Following the discussions, it can be deduced that when the agency becomes a programmed agency, derived intentionality occurs, as in the case of software agents that are programmed with an intentional vocabulary. Therefore, intentionality can be distributed and embedded in nonhuman agencies and humans, and it may exist at different levels and intensities.

4.3. A visualization of intentionality

“[G]enius will be defined as genius not because it is human but rather because it behaves like a genius.” (Terzidis, 2014, p.60)

Following the present delineation of the theoretical framework on the conception of intentionality and its augmentation with the concept of agency and action, the study attempts to visualize a spectrum of intentionality with respect to Werner Rammert’s multi-level model of agency and Steven Horst’s conditions as intrinsic and derived intentionality. (Fig. 1) The spectrum aims to show the relations between levels of intentionality and agency conditions. The major scale employed here is the intensity of the agency, and the three levels of gradation are intentionality, contingency, and causality. The second scale is the condition of agency on whether intentionality is intrinsic or derived.

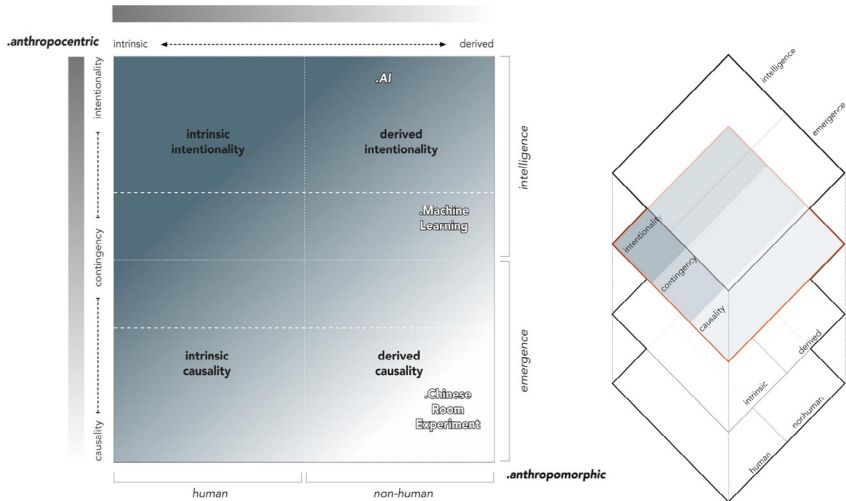


Figure 1: (Left) Spectrum of intentionality shows the relations between different levels of intentionality and human-nonhuman agencies. (Right) Multi-layered conceptualization of intentionality.

Intelligence. On the upper left, there is intrinsic intentionality which could be defined as the purest and most intense form of intentionality. Intentional human agency can be placed at this end. The upper right field is derived intentionality that can be conceptualized as the nonhuman account where intentionality is strong yet indirect, as it is by nature derived from some human intentional agency. While machine learning can be exemplified as a relatively moderate version, Artificial Intelligence (AI) can be stated as the strongest recognized form of this mode in which the intentionality is distinct yet, derived

from some human agency and encoded in a new form of an intelligent agency. In both forms of intentionality, the common generator is either intrinsic or derived intelligence, which has a great potential to affect other agencies.

Emergence. On the lower part of the scale, the two other modes of intentionality can be defined with emergence as their common causal property. The somewhat unpredictable or causal condition questions the relationship between intentionality and emergence, which, on the surface, appears to be a polarity or an epistemic opposition. The seemingly opposite yet hermeneutically related condition of these two concepts makes the investigation more exciting and urgent to comprehend the current state of human and nonhuman relations challenged by the computational tools and modes in architecture and design.

On the lower right side, the occurring condition is derived causality which was previously mentioned as “causally derived intentionality” (Horst, 1996). Symbols that are used in codes and programs have this kind of intentionality whose origin of intentionality is derived from a designer or programmer by way of some causal connection. Searle’s Chinese Room thought experiment (1980b) could be an instance of this form of intentionality. According to David Cole (2015), the simple arguments put forth with the Chinese Room are at “the service of highlighting the serious problems we face in understanding meaning and minds.” He indicates:

“The many issues raised by the Chinese Room argument may not be settled until there is a consensus about the nature of meaning, its relation to syntax, and about the biological basis of consciousness. There continues to be significant disagreement about what processes create meaning, understanding, and consciousness, as well as what can be proven a priori by thought experiments.”

At the lower left field of the spectrum, an ambiguous condition occurs. A new form of intentionality is revealed, which can be named intrinsic causality, in which there is an intrinsic causal mechanism that requires an investigation. Such intentionality can be claimed to exist in nonhuman natural forces and their swarm behaviors whose inner mechanisms were previously unknown to us.

5. CONCLUSION

When we consider design intentionality less as a field of contestation between human designers and the computing machine but as one of negotiation, different degrees and intensities of intentionality are seen to become visible and accessible for new and novel ways of design thinking. When the new toolsets that the computational paradigm entails are introduced into architectural

design, a new tendency occurs towards exploring these tools' emergent properties and generative capacities while simultaneously delegating some of the design responsibility to them. The interest has been sustained by the significant expansion in the possibility space of design towards an unknown and unpredictable world in architecture facilitated by the emergent properties of these tools. Consequently, a concern for design intentionality has been suppressed and delayed for a few decades, starting from the 1990s.

After more than two decades of exploration and expertise in these tools, the euphoria can be said to have dissolved, leaving its place in a remarkable condition in which we can no longer locate the subject of design but instead need to find ways to hybridize the potentials of both human and nonhuman modalities. Such effort necessitates exploration and reconceptualization of design intentionality to restate and reconcile the subjective and intuitive faculties with the emergent processes of computational tools by displacing the anthropocentric account of design intentionality sustained in conventional design processes. Considering design intentionality as embedded within computational agents through continuous feedback from designers and reciprocally, designers' intentionality as altered and expanded as a reflection of the emergent outputs from the computational world, this recently forming discourse on design intentionality in computational architecture does not need to gravitate towards a stubborn opposition where design intentionality is either centered in top-down behavior of human-designers through a consciousness that only they can possess, together with its related notions and reasonings such as subjectivity, intuition, artistic expression; or is artificially constituted by the bottom-up generative properties of computational tools and associative technologies, namely, emergence, evolution, and self-organization.

The study aimed to contribute to the theoretical literature and discourse of architecture which lacks a meaningful discussion or meticulous research of the concept on its own terms, mainly because the notion of intentionality is placed at the hard core of the profession as the dominant approach grounds itself in recognition of the mastermind of the architect. An inclusive framework for design intentionality can provide a new perspective on the ethics and collaboration in computational design.

Acknowledgement

This paper is a reworked version of an excerpt from the author's unpublished Ph.D. thesis completed in METU Department of Architecture with the supervision of Prof. Dr. Zeynep Mennan.


REFERENCES

- Akrich, M. & Latour, B. (1992). A Summary of a Convenient Vocabulary for the Semiotics of Human and Nonhuman Assemblies. In Bijker, W. E. and Law, J. (eds) *Shaping Technology/Building Society: Studies in Sociotechnical Change*. MIT Press.
- Bennett, J. (2010). *Vibrant Matter: A Political Ecology of Things*. Duke University Press and London.
- Bowden, S. (2015). Human and Nonhuman Agency in Deleuze. In: Roffe J., Stark H. (eds) *Deleuze and the Non/Human*. London: Palgrave Macmillan, 60–80.
- Bunge, M. (1963). A General Black-box Theory. *Philosophy of Science*. Vol. 30, No. 4, 346–358.
- Carmo, M. (2011). *The Alphabet and the Algorithm*. MIT Press.
- Carmo, M. (2013). *The Digital Turn in Architecture: 1992-2012*. John Wiley and Sons.
- Carmo, M. (2017). *The Second Digital Turn: Design Beyond Intelligence*. Cambridge MA: MIT Press.
- Cole, D. (2015). The Chinese Room Argument. *The Stanford Encyclopedia of Philosophy* (Winter), Edward N. Zalta (ed.)
- De Landa, M. (2005). Matter Matters. *Column in Domus Magazine*. (Issues 884 to 897, Domus) p.6.
- Deleuze, G. (1988). *Spinoza: Practical Philosophy*. San Francisco: City Lights Books.
- Deleuze, G. (1990). *The Logic of Sense*, trans. Mark Lester with Charles Stivale, ed., C. V. Boundas. New York: Columbia University Press, 202–209.
- Deleuze, G. & Guattari, F. (1972). *Anti-Oedipus*.
- Dennett, D. (1969). *Content and Consciousness*, London: Routledge.
- Dennett, D. (1987). *The Intentional Stance*, Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Gilles Deleuze & Félix Guattari. (1980). *A Thousand Plateaus*.
- Glaeser, L. (1972). *The Work of Frei Otto*. NY: The Museum of Modern Art.

- Hallward, P. (2006). *Out of this World: Deleuze and the Philosophy of Creation*. London and New York: Verso. Quoted in Bowden, pp: 60–61.
- Horst, S. W. (1996). *Symbols, Computation, and Intentionality: A Critique of the Computational Theory of Mind*. London: University of California Press. <https://plato.stanford.edu/archives/win2015/entries/chinese-room/>
- Husserl, E. (1962). *Ideas: General Introduction to Pure*, trans. W. Boyce Gibson, Collier Books.
- Kosowski, L. (2010). *Noema and Thinkability: An Essay on Husserl's Theory of Intentionality*. De Gruyter.
- Norberg-Schulz, C. (1962). *Intentions in Architecture*. MIT Press.
- Rammert, W. (2008). Where the action is: Distributed Agency between Humans, Machines, and Programs. In Uwe Seifert, Jin Hyun Kim, Anthony Moore (eds) *Paradoxes of Interactivity: Perspectives for Media Theory, Human-Computer Interaction, and Artistic Investigations*. Transcript Verlag, 62–91.
- Rammert, W. (2011). Distributed Agency and Advanced Technology. Or: How to Analyze Constellations of Collective Inter-Agency. Technical University Technology Studies. Working Papers. TUTS-WP-3. https://www.ts.tu-berlin.de/fileadmin/fg226/TUTS/TUTS_WP_3_2011.pdf
- Ramp, W. J. (2001). Durkheim and the Unthought: Some Dilemmas of Modernity. *The Canadian Journal of Sociology / Cahiers Canadiens De Sociologie*, vol. 26, no. 1, 89–115. www.jstor.org/stable/3341512.
- Searle, J. (1980a). Intrinsic Intentionality. *Behavioral and Brain Sciences* 3, 450–456.
- Searle, J. (1980b). Minds, Brains, and Programs. *Behavioral and Brain Sciences* 3 (3), 417–424.
- Searle, J. (1983). *Intentionality, Cambridge*: Cambridge University Press.
- Seifert, U. (2008). The Co-evolution of Humans and Machines: A Paradox of Interactivity. In Uwe Seifert, Jin Hyun Kim, Anthony Moore (eds) *Paradoxes of Interactivity: Perspectives for Media Theory, Human-Computer Interaction, and Artistic Investigations*. Transcript Verlag, 8–23.
- Smith, D.W. & McIntyre, R. (1971). Intentionality via Intensions. *Journal of Philosophy* 68 (18), 541–560.
- Sokolowski, R. (2000). *Introduction to Phenomenology*. Cambridge University Press.

- Taylor, C. (1983) Hegel and the Philosophy of Action. In L. S. Stepelevich and D. Lamb (eds) *Hegel's Philosophy of Action*. Atlantic Highlands, NJ: Humanities Press, 2–9. Quoted in Bowden.
- Terzidis, K. (2014). *Permutation Design: Buildings, Texts, and Contexts*. Routledge.
- Wittgenstein, L. (1953). *Philosophical Investigations*. Oxford. Quoted in Norberg-Schulz, C. (1962). *Intentions in Architecture*. MIT Press.
- Wolfram, S. (2002). *A New Kind of Science*. Canada: Wolfram Media, Inc.
- Zahavi, D. (2003). *Husserl's Phenomenology*. Stanford: Stanford University Press.

YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik Konularını İçeren 2017-2022 Yılları Arasında Yayınlanan Makalelerin Bibliyometrik Analizi

HATİCE ŞEN¹, SİBEL MACİT İLAL² 

^{1,2}Zmir Demokrasi Üniversitesi

¹htice.sn@gmail.com, ²sibel.macit@idu.edu.tr

Özet

Gelişmekte olan bilgi teknolojileri ile mimarlık, mühendislik ve yapım sektöründe Yapı Bilgi Modelleme (YBM) ve Dijital İkiz teknolojilerine olan ilgi son yıllarda artmaktadır. Bu teknolojilerin araştırma ve uygulamalarının odağında, yapı tasarımında yer alan birçok katılımcının dağılık yapısını bir araya getirme hedefi ile “birlikte işlerlik” konusu bulunmaktadır. Bu çalışmada, tasarımdan uygulama sürecine kadar yapıya ait tüm bilginin sayısal modelinin oluşturulmasına ve paylaşılmasına imkân sağlayan YBM teknolojisi ile yapı yaşam döngüsü boyunca yapı ve sayısal model arasında veri aktarımını sağlayan Dijital İkiz teknolojisi uygulamalarını Birlikte İşlerlik odağında elen alan bilimsel çalışmalar incelenmiştir. Çalışma kapsamında, Scopus veri tabanı üzerinden bibliyometrik analiz yöntemiyle 2017-2022 yılları arasındaki 6 yıllık sürece odaklanarak YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik konularını birlikte ele alan bilimsel çalışmalar incelenmekte ve mevcut literatürün analizi yapılmaktadır. 6 yıllık süreçte YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik araştırma alanlarının kesişiminde yer alan toplamda 272 adet makale ve konferans bildirisine erişilmiştir. Bilimsel çalışmalar, yayınlanma tarihlerine göre değerlendirilen zaman analizi, yayınlandıkları kaynaklar ve atıf sayıları, anahtar kelimeler, yayınlandığı ülkeler ve belirlenen konu başlıkları çerçevesinde analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, VOSviewer uygulaması ve grafik-tablo araçları kullanılarak görselleştirilmiştir. Sonuç olarak YBM ve Dijital İkiz teknolojilerini Birlikte İşlerlik odağında elen alan bilimsel çalışmaların temas ettiği konuların, ortaya çıkan araştırma alanlarının ve boşlukların saptanarak gelecek çalışmalara ışık tutulması amaçlanmıştır. Analizler sonucunda 272 adet bilimsel çalışmanın 134'nün 2022 yılında yayınlanmış olması ile alana olan ilginin oldukça arttığı görülmektedir. Çalışmaların yapı performansı ve bilgi yönetimi alanlarında yoğunlaştığı, yönetmelik kontrolü ve maliyet

tahmini alanlarında ise oldukça az olduğu ortaya çıkmıştır. Araştırmanın sonucunda bu alanlarda Artırılmış Gerçeklik teknolojisi ile bütünleştirilmiş uygulamaların geliştirilmesine ihtiyaç bulunduğu saptanmıştır.

Anahtar Sözcükler: YBM (Yapı Bilgi Modelleme), Dijital İkiz, Birlikte İşlerlik, Bibliyometrik Analiz

Bibliometric Analysis of Articles on BIM, Digital Twin and Interoperability Published Between 2017-2022

HATİCE ŞEN¹, SİBEL MACİT İLAL² 

^{1,2}Izmir Democracy University

1htice.sn@gmail.com; 2sibel.macit@idu.edu.tr

Abstract

Developments in Information Technologies have increased the interest on Building Information Modeling (BIM) and Digital Twin technologies in the Architecture, Engineering and Construction (AEC) sector in recent years. Research and development involving these technologies focus on the issue of “interoperability” with the aim of enhancing collaboration among the many participants involved in building design. BIM enables the creation and sharing of a digital model holding all building information throughout design and construction processes. Digital Twin technology enables data transfer between the building and the digital model throughout the building lifecycle. In this study, research on BIM and Digital Twin applications focused on Interoperability have been examined. Current literature on BIM, Digital Twin and Interoperability research is analyzed by focusing on the 6-year period between 2017 and 2022 with the bibliometric analysis method using the Scopus database. 272 articles and conference papers have been found. These studies were analyzed according to their publication dates, the sources they were published in as well as the number of citations, keywords, originating countries and the specific subject headings in hopes to guide future research. Analysis results were visualized using the VOSviewer application and graph-table tools. As a result, the topics of studies on BIM and Digital Twin technologies which is focused on Interoperability, emerging research areas, and gaps have been determined. The analysis shows that the interest in the field has increased considerably in 2022 by the fact that 134 of 272 research were published in this year. It has been revealed that the studies are concentrated in the areas of building performance and information management, while it is quite limited in the areas of rule checking and cost estimation. Furthermore, applications

integrated with Augmented Reality technology in these research areas have received relatively less attention.

Keywords: BIM, Digital Twin, Interoperability, Bibliometric Analysis

1. GİRİŞ

Mimarlık ve inşaat sektöründe YBM (Yapı Bilgi Modelleme) ve Dijital İkiz konularının gün geçtikçe ön plana çıkmaya başladığı görülmektedir. YBM'nin mimari projenin tasarımından, planlama ve uygulanmasına kadar görev alan kişilerin birlikte, hızlı ve güvenli bir şekilde işleyebilmesi, süreç takibinin kolaylıkla yapılabilmesi mimarlık ve inşaat sektörüne sağladığı önemli katkılardandır. Dijital İkizin ise yapı yaşam döngüsü boyunca sensörler aracılığı ile dijital kopyaya aktarım sağlanması ve süreç takibinin yapılması ile Dijital İkiz uygulamaları mimarlık ve inşaat sektörüne katkı sağlamaktadır.

Yapı Bilgi Modellemesi (YBM - Building Information Modeling/BIM); mimarlık, mühendislik ve yapım sektörlerinde yapıya ait verinin paydaşlar arasında paylaşımını kolaylaştırmak için geliştirilen bir teknolojidir (Sacks v.d., 2018). Üç boyutlu modelleme ile planlama, tasarım, yapım ve işletim gibi yapı yaşam döngüsü süresince işlenebilen, yapının biçimsel özelliklerini ifade etmenin yanında malzeme, maliyet gibi verilerle birlikte işlenebilen, yapı sektöründeki paydaşların ortak kullanımını sağlayan birlikte çalışma ortamı sunmaktadır. Bilgisayar ortamında yapının sanal modelinin oluşturulması ve tüm paydaşların aynı modeli kullanabilmesi bilgi akışı ile koordinasyona ve projeler arası tutarlılığa katkı sağlamakta, revizyon işlemlerini kolay yapılmasına destek olmaktadır (Ofloğlu, 2014). Manuel işlemlere kıyasla daha fazla kontrol etmeye ve analize olanak tanımaktadır. Projenin tasarım aşamasında inşaat ve kullanım aşamalarında oluşabilecek sorunların önceden görülerek düzeltilmesi, projenin farklı paydaşların eş zamanlı çalışmasına imkân sağlamasıyla bütün olarak ilerlemesi, zaman kaybını, hatayı ve ekstra oluşabilecek maliyeti azaltmaya imkân sağlamaktadır (Sacks v.d., 2018).

Dijital İkiz (Digital Twin); somut bir nesnenin sanal modelidir. Nesne etrafına yerleştirilen sensörler vasıtası ile nesnenin performansına yönelik olan veriler bilgisayar ortamına aktarılarak dijital kopyaya işlenmektedir. Verilerle birlikte sanal model simülasyonları aracılığı ile oluşabilecek sorunlara karşı öngörü sağlanması amaçlanmaktadır (IBM, 2022). İmalat endüstrisinde ortaya çıkan dijital ikiz, fiziksel ve sanal dünya arasında somut nesnelerin verilerinin sürekli iletilmesi ile performansını izlenmesine katkı sağlayacağı düşünülmektedir (El Saddik, 2018 akt. Khajavi v. d., 2019). Dijital ikiz teknolojisinde simülasyon modelleri yapı sistemlerinin problemlerini çözmek için kullanılmaktadır (Khajavi v.d., 2019). İnşaat sektöründe dijital ikiz, yapı yaşam döngüsü boyunca görev alan iştirakçilerin yaptıkları işlemleri kontrol altında tutmasına katkı sağlamaktadır. Yapının dijital ikizi aracılığıyla günlük veya saatlik gözlemlenmesi, yapı yaşam döngüsü süresince verilerin toplanarak

depolanması ve yönetilmesi sağlanabilirken yaşanabilecek problemlerin erken tespit edilmesi ile verimin arttırılabileceği düşünülmektedir (Ceylan, 2019).

YBM ve Dijital İkiz teknolojilerinde odak noktası, doğası gereği oldukça dağınık olan yapım sektöründe yer alan farklı paydaşlar arasında birlikte işlerliğin sağlanabilmesidir. Birlikte İşlerlik (Interoperability); ortak hedefler doğrultusunda, çok taraflı ve farklı kuruluşlar arasında bilgi ve birikim paylaşımını içeren, taraflara karşılıklı yarar sağlayan etkileşim kurma yeteneğidir (EIF, 2010). Bilişim teknolojileri aracılığıyla farklı kuruluşlara ait bilgi, uygulama ve hizmetleri arasındaki etkileşimi sağlamaktadır (Yazıcı ve Özdemirci, 2019). YBM’de gerekli olan karşılıklı veri aktarımı için birlikte işlerlik YBM’nin en temel unsurlarındandır (Fallon ve Palmer, 2007 akt. Santos, 2010). Proje üzerinde çalışan tüm paydaşların kullandıkları bilgisayar uygulamaları ile tek veya çift yönlü erişim sağlanması, yapı yaşam döngüsü boyunca YBM ile veri aktarımının yapılması, verilerin yeniden girilmesi yerine verimli şekilde kullanım sağlanması birlikte işlerliğin YBM için kilit unsurlardan olduğunu göstermektedir (Santos, 2010).

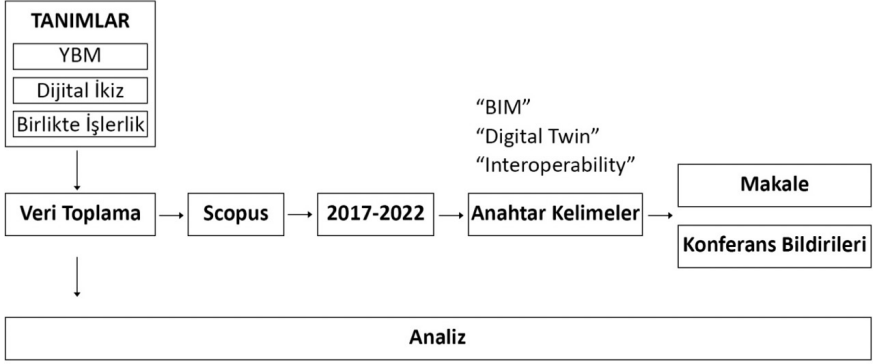
Bu çalışmada mimarlık, mühendislik ve yapım sektörünün en güncel teknolojileri olan YBM, Dijital İkiz konuları ile bu teknolojilerin odağında yer alan birlikte işlerlik kavramını kapsayan bilimsel araştırmalar incelenmektedir. Çalışma kapsamında bu araştırmaların temas ettiği konular saptanarak YBM, Dijital ikiz ve birlikte işlerlik konularını birlikte ele alan çalışmalar ile ortaya çıkan başlıkların, sorunların, avantajların, ele alınmamış konuların ve boşlukların saptanarak gelecek çalışmalara ışık tutması amaçlanmaktadır.

2. METODOLOJİ

Makale kapsamında Scopus veri tabanı üzerinden bibliyometrik analiz yöntemiyle 2017-2022 yılları arasındaki YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik konularını birlikte ele alan 2017-2022 yılları arasında oluşturulan mevcut literatürün analizi yapılmaktadır. Son 6 yıllık sürece odaklanarak, bilimsel çalışmalar arasından İngilizce makale ve konferans bildirileri yayınlanma tarihlerine göre değerlendirilen zaman analizi, yayınlandıkları kaynaklar ve atıf sayıları, anahtar kelimeler, yayınlandığı ülkeler ve belirlenen konu başlıkları çerçevesinde analiz edilmiştir. Analiz sonuçları, VOSviewer uygulaması ve grafik-tablo araçları kullanılarak görselleştirilmiştir. YBM ve Dijital İkiz teknolojilerini Birlikte İşlerlik odağında elen alan bilimsel çalışmaların temas ettiği konuların, ortaya çıkan araştırma alanlarının ve boşlukların saptanarak gelecek çalışmalara ışık tutulması amaçlanmıştır.

Scopus üzerinden yapılan bibliyometrik analizin özeti:

(ALL(bim) AND ALL(digital twin) AND ALL(interoperability)) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE,"final")) AND (LIMIT-TO (PUBYEAR,2022) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2021) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2020) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2019) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2018) OR LIMIT-TO (PUBYEAR,2017)) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE,"ar") OR LIMIT-TO (DOCTYPE,"cp")) AND (LIMIT-TO (LANGUAGE,"English")) AND (LIMIT-TO (SRCTYPE,"j") OR LIMIT-TO (SRCTYPE,"p"))

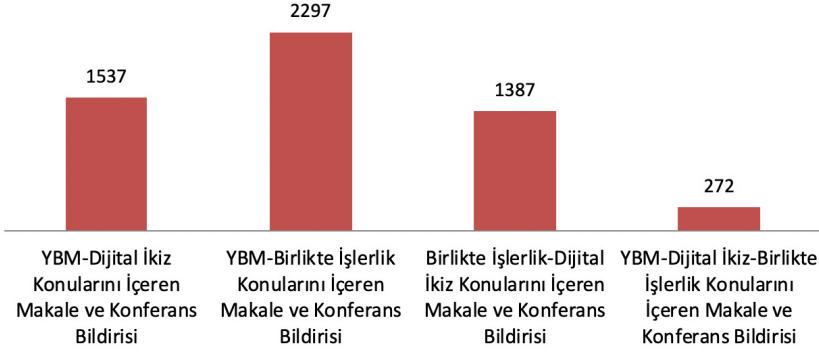


Şekil 1: Araştırma Metodolojisi

3. BİBLİYOMETRİK ANALİZ

Bibliyometrik analiz, araştırma çalışmalarını belirli filtreler ile ele alarak araştırmaların nicelik ve niteliksel olarak değerlendirilmesine ve ele alınan konunun gelişimine dair tartışma ortamı oluşturmasına imkân tanımaktadır (Yılmaz, 2017 akt. Polat, 2020). Çeşitli veri tabanlarının kullanılarak istatistiksel ve matematiksel yöntemlerle analizini kapsamaktadır (Demir ve Erigüç, 2018). Makalede bibliyometrik analiz ile Scopus veri tabanı üzerinden 3 alan kapsamında (YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik) 2017-2022 yılları arasında oluşturulan mevcut literatürün analizinin yapılması hedeflenmiştir. 3 alana ait makaleler oran bazında, zaman analizi, kaynak analizi, anahtar kelime analizi, ülke ve konu analizi olarak 6 başlık altında incelenmiştir.

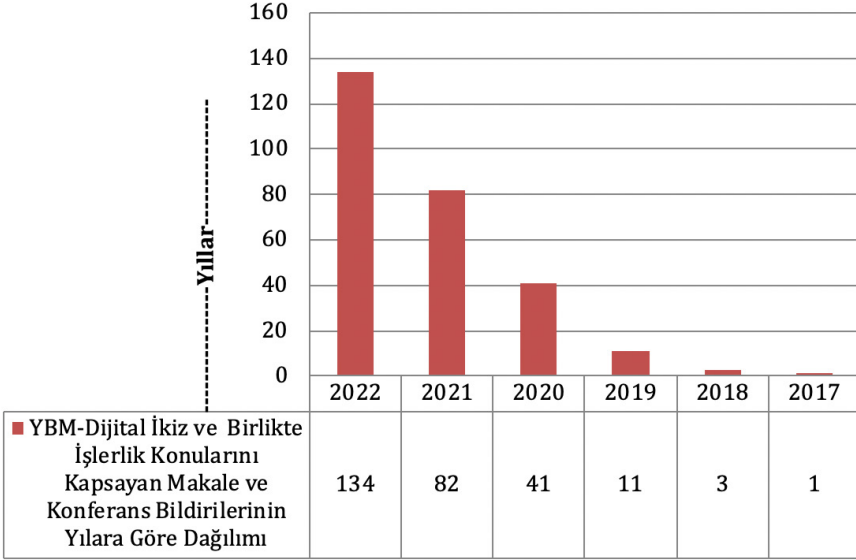
3.1. YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik Konularını İçeren Makale ve Konferans Bildirilerinin Oranları



Şekil 2: YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik konularını içeren makale ve konferans bildirilerinin oranları

2017-2022 yılları arasında Scopus veri tabanında yayınlanan YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik konularını içeren araştırmalar 198'i makale 74'ü bildiri olmak üzere toplam 272 adettir. YBM-Dijital İkiz konularını kapsayan 1537 adet, YBM ve Birlikte İşlerlik konularını kapsayan 2297 adet, Birlikte İşlerlik ve Dijital İkiz konularını kapsayan 1387 adet makale ve konferans bildirisi yayımlanmıştır. Araştırma sonuçları Birlikte işlerlik kavramının hem YBM hem de Dijital ikiz çalışma alanlarında oldukça fazla ele alınan bir konu olduğunu göstermektedir. YBM ve Dijital İkiz konuları kesişiminde araştırma çalışmalarının da fazla olduğu görülmektedir.

3.2. Zaman Analizi



Şekil 3: YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik konularını kapsayan makale ve konferans bildirimlerinin yıllara göre dağılımı

Scopus veri tabanında YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik konularını kapsayan 2022 yılında 134 adet makale ve konferans bildirisi yayımlanmış, 2021 yılında ise 82 adet, 2019 yılında 11 adet, 2018 yılında 3 adet, 2017 yılında ise 1 adet yayımlanmıştır. YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik konularını içeren makale ve konferans bildirimlerinin sayısında her geçen yıl artış olduğu gözlenmektedir. Sayının artması son yıllarda alana duyulan ilginin arttığını göstermektedir.

3.3. Kaynak Analizi

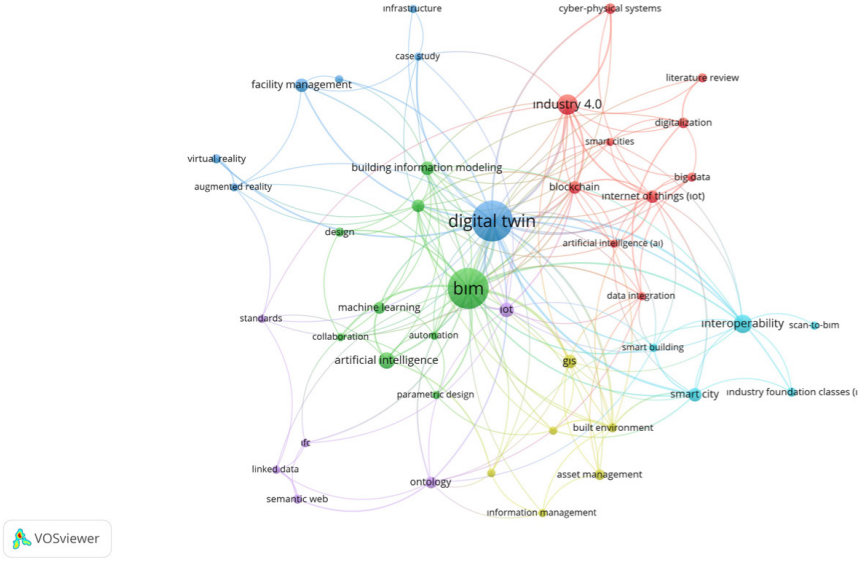
Scopus veri tabanında YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik konularını kapsayan makale ve bildirimlerin en çok yayımlandığı kaynaklar ve toplam atıf sayıları Tablo 1'de göstermektedir. 2017-2022 yılları arasında en çok YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik konularını kapsayan makaleler Applied Sciences (İsviçre) Dergisi'nde yayımlanmıştır.

Tablo 1: YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik konularını kapsayan makale ve bildirilerin kaynaklar bazında dağılımı

Kaynaklar	Toplam Makale ve Bildiri Sayısı	Toplam Atıf
Advanced Engineering Informatics	4	102
Advances in Transdisciplinary Engineering	2	6
Applied Sciences (Switzerland)	25	495
Automation in Construction	13	184
Building and Environment	4	95
Buildings	19	114
Built Environment	2	63
CEUR Workshop Proceedings	6	0
Computational Intelligence and Neuroscience	2	1
Computers in Industry	2	13
Construction Innovation	4	71
EG-ICE 2020 Proceedings	3	11
Energies	4	54
Engineering, Construction and Architectural Management	2	21
Frontiers in Built Environment	4	7
IEEE Access	5	482
IFAC-PapersOnLine	4	1
ISPRS Archives	8	22
ISPRS Annals	4	10
ISPRS International Journal of Geo-Information	4	87
Journal of Building Engineering	4	64
Journal of Cleaner Production	2	101
Journal of Construction Engineering and Management	4	71
Journal of Industrial Information Integration	5	114
Journal of Information Technology in Construction	5	123
Journal of Management in Engineering	6	228
ISARC Proceedings	6	2
Remote Sensing	2	34
Sensors (Switzerland)	2	22
Smart and Sustainable Built Environment	3	28
Sustainability (Switzerland)	15	223
Tunnelling and Underground Space Technology	2	107

3.4. Anahtar Kelime Analizi

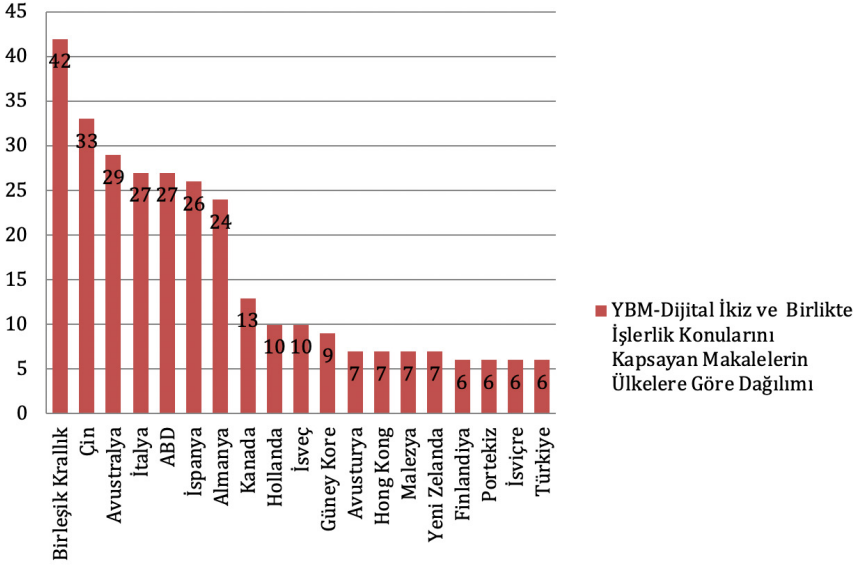
Scopus veri tabanında YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik konularını içeren makale ve konferans bildirilerinin anahtar kelime analizleri yapılmıştır.



Şekil 4: 2017-2022 yılları arası YBM, Dijital İkiz, Birlikte İşlerlik alanlarını içeren makale ve konferans bildirilerinin anahtar kelime analizinin şeması

Şekil 4 VOSviewer kullanılarak oluşturulan anahtar kelime analizini göstermektedir. Şema Scopus veri tabanından toplanan bibliyografik verilere dayanmaktadır. VOSviewer üzerinde arama stratejisi olarak tercih edilen anahtar kelimeler üzerinden şema oluşturulmuştur. 934 anahtar kelime analiz edilmiştir. Bir anahtar kelimenin minimum kullanım sayısı 4 olarak ayarlanmıştır. 934 anahtar kelime arasında eşik değerini 50 adet anahtar kelime aşmıştır. Bir anahtar kümenin rengi, anahtar kelimenin ait olduğu kümeyi ifade etmektedir. Anahtar kelimeler rengine göre 5 ayrı şekilde kümelenmiştir. Daireler ve etiketler anahtar kelimeleri temsil etmektedir. Anahtar kelimenin kullanım yoğunluğu dairenin boyutu ile ifade edilmiştir. Anahtar kelimelerin birlikte oluşum bağlantıları (co-occurrence links) açısından ilişkileri bırakılan mesafe ile temsil edilmiştir. Anahtar kelimeler arasındaki ilişki güçlüyse yakın konumlanmıştır, zayıfsa uzak konumlanmıştır (Öztürk, 2020).

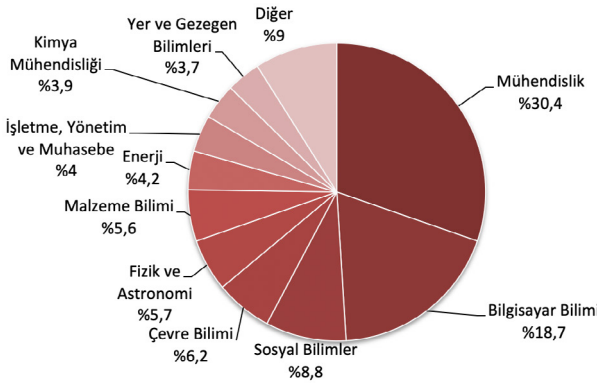
3.5. Ülke Analizi



Şekil 5. YBM, dijital ikiz ve birlikte işlerlik konularını kapsayan makalelerin ülkelere göre dağılımı

Scopus veri tabanında YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik konularını içeren makalelerin yazıldığı ülkeler ve yazılan makale sayıları incelenmiştir. 2017-2022 yılları arasında Scopus üzerinde yayımladığı 42 makale ile en çok Birleşik Krallık ardından Çin, Avustralya, İtalya ve ABD ülkeleri gelmektedir. Türkiye’de ise 2017-2022 yılları arasında 3 konuyu kapsayan 6 makale yayımlanmıştır.

3.6. Konu Analizi



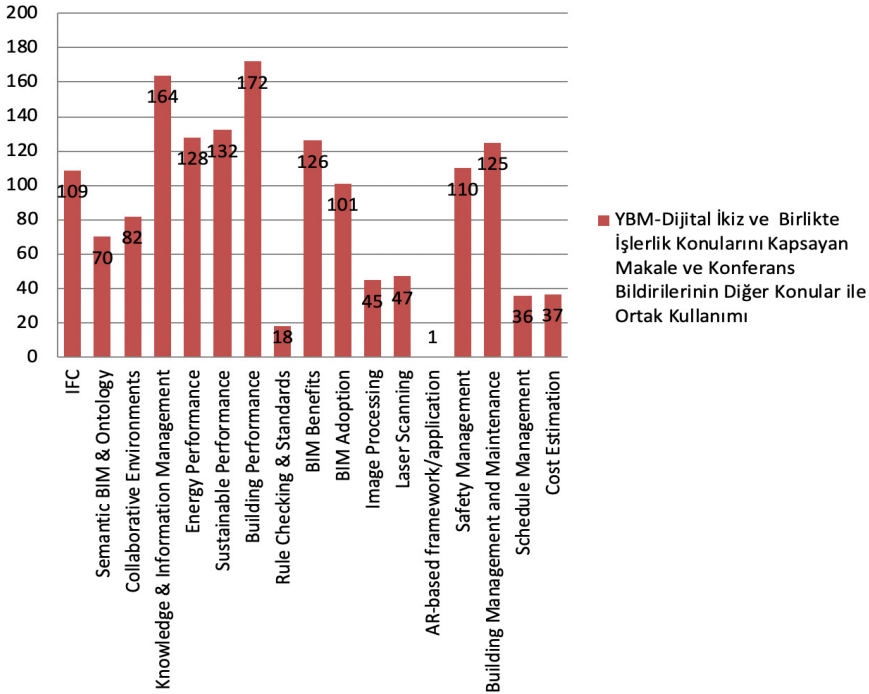
Şekil 6. Araştırmaların katkı sağladığı alanlar

Scopus veri tabanında YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik konularını içeren makale ve konferans bildirilerinin katkı sağladığı alanlar incelenmiştir. %30,4 ile mühendislik alanında ardından bilgisayar bilimi alanına temas eden makale ve konferans bildirisi yayımlanmıştır.

Tablo 2. Araştırmaların katkı sağladığı alanlar

Konu Alanı	2022	2021	2020	2019	2018	2017	TOPLAM
IFC	48	41	13	4	2	1	109
Semantic BIM & Ontology	31	29	8	2			70
İşbirlikçi Ortamlar (Collaborative Environments)	37	27	12	6			82
Bilgi Yönetimi (Knowledge & Information Management)	88	49	22	4	1		164
Enerji Performansı (Energy Performance)	66	34	24	4			128
Sürdürülebilir Performans (Sustainable Performance)	69	39	20	4			132
Yapı Performansı (Building Performance)	85	50	32	5			172
Kontrol ve Standartlar (Rule Checking & Standards)	8	4	6				18
YBM'nin Faydaları (BIM Benefits)	61	42	18	3	2		126
YBM Geçiş Süreci (BIM Adoption)	53	30	15	3			101
Görüntü İşleme (Image Processing)	18	11	12	4			45
Lazer Tarama (Laser Scanning)	26	14	6	1			47
AR uygulamaları (AR-based framework/application)	1						1
Güvenlik Yönetimi (Safety Management)	58	31	16	3	2		110
Bina Yönetimi ve Bakımı (Building Management and Maintenance)	64	41	15	4	1		125
Program Yönetimi (Schedule Management)	21	8	5	2			36
Maliyet Tahmini (Cost Estimation)	17	12	7	1			37

Scopus veri tabanında 2017-2022 yılları arasında yayımlanan YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik konularını içeren makale ve konferans bildirilerinin belirlenen konuları içerme düzeyleri ve yıllar içinde gösterdiği değişiklikler Tablo 2’de belirtilmiştir. IFC, Semantic BIM & Ontology, İşbirlikçi Ortamlar (Collaborative Environments), Bilgi Yönetimi (Knowledge & Information Management), Enerji Performansı (Energy Performance), Sürdürülebilir Performans (Sustainable Performance), Yapı Performansı (Building Performance), Kontrol ve Standartlar (Rule Checking & Standards), YBM’nin Faydaları (BIM Benefits), YBM Geçiş Süreci (BIM Adoption), Görüntü İşleme (Image Processing), Lazer Tarama (Laser Scanning), Artırılmış Gerçeklik (AG) uygulamaları (AR-based framework/application), Güvenlik Yönetimi (Safety Management), Bina Yönetimi ve Bakımı (Building Management and Maintenance), Program Yönetimi (Schedule Management), Maliyet Tahmini (Cost Estimation) konu başlıkları için R. Santos, A. A. Costa ve A. Grilo’nun hazırladığı Bibliometric Analysis And Review Of Building Information Modelling Literature Published Between 2005 And 2015 başlıklı makaleden faydalanılmıştır. Tablo 2’de gösterildiği gibi 2017 ile 2022 yılları arasına bakıldığında tüm alanlarda 2022 yılına doğru yayımlanan makale ve bildiri sayısı artmıştır.



Şekil 7. YBM-dijital ikiz ve birlikte işlerlik konularını ele alan bilimsel çalışmaların katkı sağladığı diğer araştırma alanları

Şekil 7. incelendiğinde Scopus veri tabanında 2017 ile 2022 yılları arasına YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik konuları ile birlikte en çok yapı performansı (building performance) ve bilgi yönetimi (knowledge & information management) konuları üzerine yayımlar yapıldığı görülmektedir. En az ise AG uygulamaları (AR-based framework/application) ve yönetmelik kontrolü ve standartlar (rule checking & standards) konuları ile birlikte çalışmalar yapılmıştır. Bu bağlamda gelecek araştırmaların, AG uygulamaları (AR-based framework/application), yönetmelik kontrolü ve standartlar (rule checking & standards), zaman yönetimi (schedule management) ve maliyet tahmini (cost estimation) alanlarına odaklanması beklenmektedir.

4. SONUÇLAR

YBM ve Dijital İkiz teknolojileri mimarlık, mühendislik ve yapım sektörüne yapı yaşam döngüsü boyunca tasarımdan uygulama sürecine kadar takibin kolaylıkla yapılabilmesi, yapıda karşılaşılabilecek bir probleme karşı revize işlemlerinin hızlıca çözümlenmesi, yapı hakkında verilerin kaydedilmesi gibi pek çok konuda katkı sağlamaktadır. YBM ve Dijital İkiz teknolojisi araştırmalarında temel konu sektörde yer alan paydaşlar arasında birlikte işlerliğin sağlanabilmesi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Bu çalışmada bibliyometrik analiz yöntemi ile Scopus veri tabanı üzerinden 3 alan kapsamında (YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik) 2017-2022 yılları arasında yayınlanan İngilizce makale ve konferans bildirileri, zaman analizi, yayımlandıkları kaynaklar ve atıf sayıları, anahtar kelimeler, yayımlandığı ülke ve belirlenen konu başlıkları çerçevesinde analiz edilmiştir. Analizler sonucu 198 adet makale ve 74 adet konferans bildirisi ile üç alanı kapsayan makalelerin konferans bildirilerine oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Zaman analizi incelendiğinde son 6 yıl içerisinde 3 konuyu kapsayan en fazla makale ve konferans bildirisi toplam 134 adet olarak ile 2022 yılında yayımlanmıştır. 3 konuyu kapsayan çalışmaların yakın döneme doğru arttığı saptanmıştır. Kaynak analizi incelendiğinde 2017-2022 yılları arasında en çok YBM, Dijital İkiz ve Birlikte İşlerlik konularını kapsayan makaleler Applied Sciences (İsviçre) Dergisi'nde yayımlanmıştır. Bu yıllar arasında dergide toplamda 25 adet makale yayımlanmıştır ve toplamda 495 adet atıf yapılmıştır. Ülke analizi incelendiğinde ise Scopus üzerinde yayınladığı 42 makale ve konferans bildirisi ile en çok Birleşik Krallık ardından Çin, Avustralya, İtalya ve ABD yayım yapmıştır. Türkiye ise 2017-2022 yılları arasında 3 konuyu kapsayan 6 adet makale ve konferans bildirisi yayınlamıştır. Araştırma sonucu makale ve konferans bildirilerinin %30,4 oranında mühendislik alanına, %18,7 bilgisayar bilimi alanına katkı sağladığı görülmektedir. 3 konuyu kapsayan

makale ve konferans bildirilerinin değindiği konular incelendiğinde en fazla yapı performansı (building performance) ve bilgi yönetimi (knowledge & information management) alanlarında araştırma yapıldığı, AR uygulamaları (ar-based framework/application), kontrol ve standartlar (rule checking & standards), program yönetimi (schedule management) ve maliyet tahmini (cost estimation) alanlarında araştırmaların daha az olduğu, gelecek çalışmalarda bu alanlara daha fazla yoğunlaşılması gerektiği söylenbilir.

KAYNAKLAR

- Ceylan, E. (2019). *Dijital İ̇kizler ve İnşaat Sektöründeki Yeri. 1*, 53-61.
- Demir, H., & Erigüç, G. (2018). Bibliyometrik Bir Analiz İ̇le Yönetim Düşünce Sisteminin İ̇ncelenmesi. *İş ve İ̇nsan Dergisi*, 5. <https://doi.org/10.18394/iid.395214>
- El Saddik, A. (2018). Digital Twins: The Convergence of Multimedia Technologies. *IEEE MultiMedia*, 25, 87-92. <https://doi.org/10.1109/MMUL.2018.023121167>
- European Interoperability Framework (EIF). (2010). European Interoperability Framework (EIF) For European Public Services. European Commission, Annex 2. Retrieved şubat 15, 2023. <https://joinup.ec.europa.eu/sites/default/files/custom-page/attachment/2021-11/EIF%20v2.pdf>
- Fallon, K., & Palmer, M. E. (2007). *General Buildings Information Handover Guide*. US Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology.
- IBM. (Haziran, 2022). What Is A Digital Twin?. IBM. Retrieved şubat 15, 2023. <https://www.ibm.com/topics/what-is-a-digital-twin>
- Khajavi, S., Hossein Motlagh, N., Jaribion, A., Werner, L., & Holmström, J. (2019). Digital Twin: Vision, Benefits, Boundaries, and Creation for Buildings. *IEEE Access*, 7, 147406-147419. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2946515>
- Ofluoğlu, S. (2014). Yapı Bilgi Modelleme : Gereksinim ve Birlikte alışabilirlik / Mimarist. 14, 10-12.
- Ozturk, G. B. (2020). Interoperability in building information modeling for AECO/FM industry. *Automation in Construction*, 113, 103122. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.autcon.2020.103122>
- Polat, S.(2020). Sosyoekonomi Dergisinde Yayınlanan Makalelerin Bibliyometrik Analizi: 2005-2019 Dnemi. *Sosyoekonomi Dergisi*. 28 (45)

- Sacks, R., Eastman, C., Lee, G., & Teicholz, P. (2018). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Designers, Engineers, Contractors, and Facility Managers*. <https://doi.org/10.1002/9781119287568>
- Santos, E. (2010). Building Information Modeling and Interoperability. SIGRaDi 2009 - Proceedings of the 13th Congress of the Iberoamerican Society of Digital Graphics, Sao Paulo, Brazil, November 16-18, 2009.
- Santos, R., Aguiar Costa, A., & Grilo, A. (2017). Bibliometric analysis and review of Building Information Modelling literature published between 2005 and 2015. *Automation in Construction*. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2017.03.005>
- Yazıcı, S., & Özdemirci, F. (2019). Bilgi Yönetim Sistemlerinin Birlikte Çalışabilirlik Gereksinimleri ve Elektronik Belge Yönetim Sistemi Birlikte Çalışabilirlik Olgunluk Modeli. *Bilgi Yönetimi*, 84-105. <https://doi.org/10.33721/by.624077>
- Yılmaz, G. (2017). Restoranlarda Bahşiş İle İlgili Yayınlanan Makalelerin Bibliyometrik Analizi. *Seyahat ve Otel İşletmeciliği Dergisi*, 65-79. <https://doi.org/10.24010/soid.335082>

Circular Buyukada: Circular & Digital Transformations

MERYEM BİRGÜL ÇOLAKOĞLU¹, UĞUR SARIŞEN², MELİSA ASLAN³

¹Istanbul Technical University, ²Istanbul Technical University, ³Istanbul Technical University
¹colakoglumer@itu.edu.tr, ²sarisenu@itu.edu.tr, ³aslanm21@itu.edu.tr

Abstract

Circular economy is a sustainable design concept that aims to use resources in a more regenerative and restorative way. It promotes the reuse, refurbishment, and recycling of materials to reduce waste and increase the longevity of products. Circular economy principles can be applied from the material to the urban scale, and can help architects and urban planners design more adaptable and sustainable buildings and cities. A circular city aims to eliminate waste, optimize resources, and promote environmental quality, economic prosperity, and social equity. The presented study explores implementation of circular economy concepts in built environment on urban scale in urban design studio (“Circular Island: Buyukada”) education setting, which is the first part of a year long, urban+architecture design MArch graduate studio. The studio aims to build awareness of the state-of-the-art research on circular and digital transformation in architectural design and production. The studio applies a design by research method to address the specific types of knowledge research needed for circular design and enabling digital technologies that can transform theoretical circular economy principles into feasible and practical activities. In the studio, students conducted a literature review on the concept of circular economy and its relevance to urbanism, architecture, and construction fields. They were then divided into six working groups, with the first group, Circular Buyukada, tasked with adapting circular economy principles to the scale of an island and developing strategies for implementation through analysis. Subsequently, all other groups related the concept of circularity to their own research areas based on the analyses and strategies identified by the first group. Two examples from the group works, Circular Island-Material Hub and Island Gardening-Flower Hub, are elaborated in the article: Material Hub is a generator for collecting, storing, and managing materials by using and sharing materials efficiently, transforming the economy, converting spaces, and enhancing cultural and local production. Island Gardening uses endemic flowers and the existing garden culture of Büyükada to provide inhabitants

with local products and related events. It uses organic materials and composts them to produce fertilizer for the production process. Doing that enhances the production and consumption process.

Keywords: Circular economy, Sustainable design, Urban scale, Design research, Design studio

Döngüsel Büyükada: Döngüsel & Dijital Dönüşümler

MERYEM BİRGÜL ÇOLAKOĞLU¹, UĞUR SARIŞEN², MELİSA ASLAN³

¹Istanbul Teknik Üniversitesi, ²Istanbul Teknik Üniversitesi, ³Istanbul Teknik Üniversitesi
¹colakoglumer@itu.edu.tr, ²sarisenu@itu.edu.tr, ³aslanm21@itu.edu.tr

Özet

Döngüsel ekonomi, kaynakların daha yenilenebilir ve restoratif bir şekilde kullanılmasını hedefleyen sürdürülebilir bir tasarım kavramıdır. Malzemelerin yeniden kullanımı, yenilenmesi ve geri dönüşümü teşvik edilerek atıkların azaltılması ve ürünlerin ömrünün artırılması amaçlanır. Döngüsel ekonomi prensipleri malzemeden kentsel ölçeğe kadar uygulanabilir ve mimarlar ile kentsel planların daha uyumlu ve sürdürülebilir binalar ve şehirler tasarlamalarına yardımcı olabilir. Kent ölçeğinden bakıldığında döngüsel şehir, atığı ortadan kaldırmayı, kaynakları optimize etmeyi ve çevresel kaliteyi, ekonomik refahı ve sosyal adaleti teşvik etmeyi amaçlar. Bu bağlamda sunulan çalışma, “Circular Island: Büyükada” isimli kentsel tasarım stüdyosunda, yapılı çevre üzerine döngüsel ekonomi kavramlarının uygulanmasını incelemektedir. Bu stüdyo, İTÜ Mimarlık Tezsiz Yüksek Lisans Programı kapsamında, mimari tasarım ve üretimde döngüsel ve dijital dönüşüm üzerine yapılan bir yıllık stüdyo sürecinin ilk bölümünü oluşturmaktadır. Stüdyo, teorik döngüsel ekonomi prensiplerinin uygulanabilir ve pratik faaliyetlere dönüştürülmesi için gereken belirli bilgi araştırmalarını ele almak üzere bir araştırma yöntemi olan “araştırma ile tasarım” yöntemini uygulamaktadır. Stüdyo sürecinde, öğrenciler döngüsel ekonomi kavramını ve kavramın kentsel tasarım, mimarlık ve inşaat alanlarıyla olan ilişkisini literatür taraması yaparak incelemişlerdir. Ardından, Circular Büyükada adlı ilk grup, döngüsel ekonomi prensiplerini ada ölçeğine adapte etmek ve analiz yoluyla uygulama stratejileri geliştirmekle görevlendirilmiştir. İlk grup tarafından belirlenen analizler ve stratejilere dayanarak, diğer tüm gruplar kendi araştırma alanlarıyla döngüsellik kavramını ilişkilendirmişlerdir. Makalede, grup çalışmalarından Circular Island-Material Hub ve Island Gardening-Flower Hub olmak üzere iki örnek detaylandırılmıştır: Material Hub, malzemeleri verimli kullanarak toplama, depolama ve yönetme için bir düzenleyicidir. Böylece mekânları ve ekonomiyi dönüştürür, kültürel ve yerel üretimi artırır. Flower Hub ise, endemik çiçekleri ve Büyükada'nın mevcut bahçe kültürünü kullanarak yerli ürünler ve ürünlerle

ilişkilenen etkinlikleri sunar. Organik malzemeler kullanır ve bunları gübre üretmek için kompostlar. Bu, üretim ve tüketim sürecini artırır.

Anahtar Kelimeler: Döngüsel ekonomi, Sürdürülebilir tasarım, Kentsel ölçek, Tasarım araştırması, Tasarım stüdyosu

1. INTRODUCTION

Circular Economy is a design-led concept that focuses on finding ways to use materials and resources in a more sustainable way. It is restorative and regenerative by design. It eliminates waste, keeps products and materials in use throughout their product lifecycle and regenerates natural systems. Such an approach is dependent on systems designed with a focus on reuse, repair, refurbishment and (when a product can no longer be of use) recycling. One of the key aspects of a circular economy is the idea of changing the way we design and produce products. It takes its root in “cradle to cradle” design philosophy (McDonough, 2002). Instead of using materials in a linear, one-time-use process, a circular economy emphasizes the need to design products considering their life cycle that can throughout their life be repurposed and reused.

Circular economy is a new production and consumption model that ensures sustainable growth over time. It aims to foster architecture professionals to become more responsive to the current environmental, social, and political realities; as it leads to a shift towards sustainable and circular design, the use of recycled and repurposed materials, and the focus on designing buildings that are adaptable and can be easily repurposed. This paradigm shift urges architects to think about cities and architecture as integrated, flexible, dynamic, systems that can adapt to changing conditions and have prolonged life span.

Cities are already setting the groundwork for circular economy strategies. The ones that transform their economy towards circular ones are implementing policies regulating resources, products, and waste management. In this transition, there is a strong focus on self-sufficiency in terms of energy and food production and community involvement in which the participatory process is capitalized. This is one of the key steps in developing a circular economy.

One of the successful implementations of the community-driven Project is Schoonschip (Cutieru, 2023), an innovative circular neighbourhood in Amsterdam. The open-source Project, features decentralized and sustainable energy, water and waste systems. A smart grid of solar panels helps residents trade energy among themselves while water treatment technologies retrieve energy and nutrients from wastewater.

Another successful community-driven project that promotes circularity is “City of Vienna: House Sharing in urban areas as a Tool for social inclusion” (Schlotter, 2023). The aim of the project is to take care of the needs of young and elderly people alike in Vienna. There is no simple and systematic way to bring together the empty living space and the people looking for housing.

This project changes the way we use our homes based on the needs of different generations: young people are moving into elderly people's houses or into an empty room in a retirement home. Elderly people can reduce their housing costs, get someone to keep them company and give them a helping hand in managing the household. Young people are benefitting from low rents and the life experience of an elderly person. The Project addresses the huge problem of social isolation in current high technological developed cities. It generates solutions for flatmates to live together and share their lives.

The principles of circular economy that lead towards optimization of resources, reduction of the consumption of raw materials, and recovery of waste are applicable from urban to material scale. On an urban scale, a circular city embeds the principles of a circular economy across all its functions, establishing an urban system that is regenerative. These principles enhance environmental quality, economic prosperity and social equity. Circular cities aim to eliminate the concept of waste, keep assets at their highest value at all times, and are enabled by digital technology.

The presented study explores the implementation of circular economy concepts in the built environment on an urban scale in the urban design studio ("Circular Island: Buyukada") education setting, which is the first part of a year-long, urban+architecture design MArch graduate studio. MArch studio aims to build awareness of the state-of-the-art research "circular and digital transformation in architectural design and production". It is composed of two parts: Fall 2021, "Circular Island: Buyukada" and Spring 2022, "Senior Living Complex in Büyükkada: Circular Approaches in Architecture Scale".

2. METHODOLOGY AND STRUCTURE

Design by research method (Given, 2008) that addresses the specific types of knowledge research, in existing cases (circular design and enabling digital technologies (Liu et al., 2022) that can transform theoretical circular economy principles into feasible and practical activities) and its instrumentation is applied in the studio. The knowledge coming out of conducted research is conceptualized and made operational within urban and architectural design processes.

During the studio process, all students first conducted a literature review on the concept of circular economy and its relevance to urbanism, architecture, and construction fields. Then they were divided into six working groups. The first group, named Circular Buyukada, conducted research on adapting circular economy principles to the scale of an island and turning them into strategies

in the context of the island by conducting analyses. After this research, all groups related circularity to their own research areas based on the analyses and strategies identified by the first group.

3. OUTCOME OF RESEARCH

Step 1: Extraction of Circular Urban Design Principles

The Prince's Islands, a group of nine islands situated in the Sea of Marmara near Istanbul, have a rich history as a place of refuge and isolation from the mainland, with a multicultural community on the largest island, Büyükada. Büyükada's unique culture and way of life have been shaped by its isolation from the mainland, and the island's thriving community attracts both locals and visitors who enjoy its peaceful atmosphere and natural surroundings.

However, Büyükada and the other islands are under pressure from factors, such as uncontrolled tourist flow, high carbon emissions, unsustainable use of materials, and the ageing island in recent years. Therefore, Circular Büyükada group first tried to find the reasons behind these problems and problematized linear society, linear economy and linear connection notions. After this step, they translated the principles of circular economy, including regenerative design (encourages the development of products and systems that are designed to be reused, repaired, or recycled, reducing the need for new resources and minimizing waste) (Geissdoerfer et al., 2017), closing loops (emphasizes the importance of creating a closed-loop system where waste is treated as a valuable resource and utilized to its fullest potential) (Korhonen et al., 2018), and collaborative consumption (encourages the sharing of resources and promotes a shift from a consumption-focused culture to a more sustainable and collaborative one) (Bocken, 2014) into urban design principles for the island. These principles are formed in two base models: Circular vision and circular society.

According to these models, Büyükada should adopt both a circular vision and circular society that redefines its connection with Istanbul through the principles of utilizing local resources and implementing a circular material flow for sustainability, research, productivity, and cultural preservation, designing products for durability and repairability, promoting the reuse and refurbishment of materials, and implementing waste collection and processing systems. Digital Technologies (DT) are enablers of CE strategies. In order to make operational these strategies, cities should apply various DTs (big data, artificial intelligence (AI), blockchain and the Internet of Things (IoT) of Industry 4.0 across the entire city ecosystem to operationalize CE-related strategies.

Step 2: Instrumentation of Design Principles / Models

After circular island urban design principles are defined by Circular Büyükada group, all groups made these principles operational by integrating them into their study and formed group strategies:

Circular Büyükada group defines a new material language, Material Hub, for collecting, storing, and managing materials by using and sharing materials efficiently, transforming the economy, converting spaces, and enhancing cultural and local production (Figure 1).

Reviving by populating group takes on a role that attracts young people by transforming the local economy through new business models as a response to the ageing island and tourism. They create an economic prosperity strategy by reusing, refurbishing, and repairing the materials and spaces with the help of new housing strategies and new businesses.

Gastrocircle group makes a gastronomic route for Büyükada by proposing using local agricultural products and festivals. They reduce the effect of the tourism-based economy by proposing to use local agricultural products and festivals for the island.

Island Gardening uses endemic flowers and the existing garden culture of Büyükada to provide inhabitants with local products and related events. It uses organic materials and composts them to produce fertilizer for the production process. Doing that enhances the production and consumption process.

Active Open Spaces group has the strategy of converting the same spaces for different activities by using changeable structures and using recyclable materials. They do not only make a connection to the principles such as reusing, and refurbishing the materials but also rethinking to define various activities for the limited spaces of Büyükada.

The Büyükada App group takes the digital part, making the island digitally experiential and clustering the needs of a circular approach in a digital mobile application. It focuses on reusing and reducing principles by displaying the materials and products on the app.

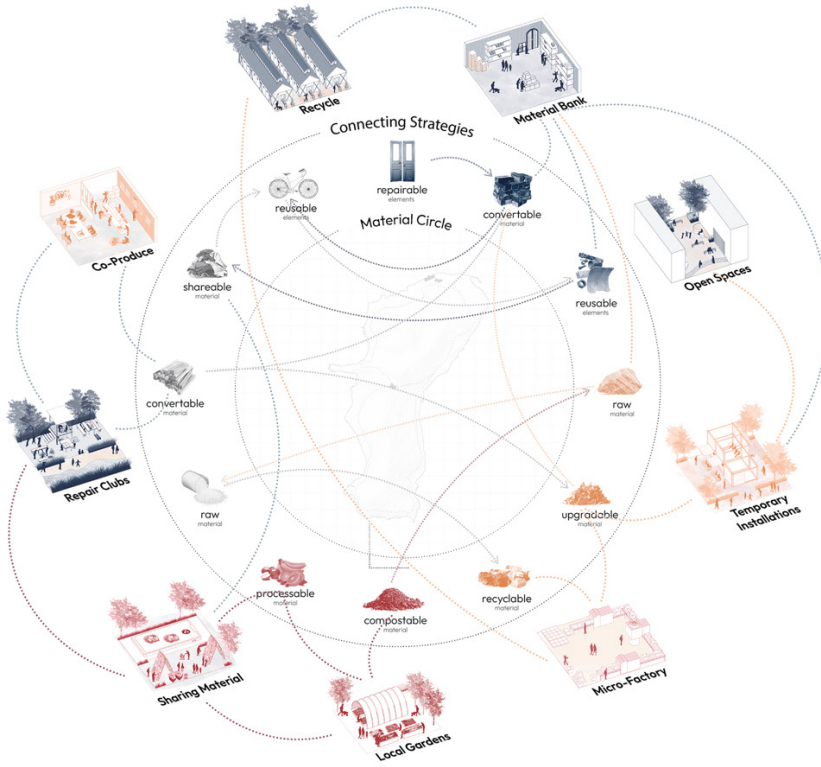


Figure 1. New material Language and Circular Design Strategies of Circular Büyükada Group

Two examples from the group work, Circular Island-Material Hub and Island Gardening-Flower Hub, are chosen for the article, in order to be able to elaborate the issue of circularity in MArch Graduate Studio.

3.2.1. Circular Island-Material Hub

The study on the circular material flow on Büyükada island is essential to gain an understanding of its current state and determine areas for potential improvement. In order to achieve this, a material language has been developed to categorize the different materials on the island based on their unique qualities.

3.2.1.1. Analysis of The Material Language and Circular Economy Strategies on Büyükada Materials

The four main categories have been identified: building materials/materials of daily use/organic materials/tools and used materials. These categories can

be interconnected to unlock the potential of materials, such as sharing and reusing them, which can help identify gaps in circularity and create strategies to improve material flow. By examining the existing material flows on the island, opportunities for improvement can be identified, leading to the development of a more sustainable approach to managing materials.

Drawing on the material language categorization of Büyükada, various circular economy strategies can be devised. A circular vision must prioritize utilizing materials in extended cycles, reintroducing products through repair, refurbishment, and conversion, recycling materials to create new products, and minimizing consumption through resource sharing and sustainable product creation.

To actualize this vision, recycling strategies and sustainable practices such as sharing and promoting the production of durable, long-lasting products can be implemented on Büyükada.

3.2.1.2. The New Material Language

Following the analysis of the material flow on the island, a new perspective was required to explore the potential of the materials. These strategies were developed not only to align with the principles of a circular society but also to leverage the potential of the materials identified on the island. By connecting materials and strategies, a comprehensive approach to the materials on Büyükada can be established, with the aim of addressing existing gaps in the system.

a. The Material Hub

The Material Hub is a key element in the strategy to make Büyükada more sustainable and self-sufficient. By creating a central platform for collecting, storing, and managing materials, the material hub will allow for the efficient use and reuse of resources on the island, thereby reducing waste and supporting local production and economic development. The technical process of recovering materials will involve sorting, cleaning, and repairing them so that they can be used again in new projects. The recovered materials will then be stored in a material bank, which will make them available to residents and businesses on the island for their own projects. Moreover, the material hub will also provide digital access to these materials, making it a valuable resource for anyone working on projects on Büyükada.

Material Flow of Building Materials

The building material flow refers to the process of sourcing, storing, sorting, and utilizing materials in construction projects (Figure 2). It plays a vital role in the circular economy, which aims to reduce waste and optimize resource usage. The process begins with the identification of locally available and sustainable materials, which are then stored until needed for construction. The materials are then used in the project, either in building new structures or repurposing them for other uses, with the goal of maximizing their usage and minimizing waste.

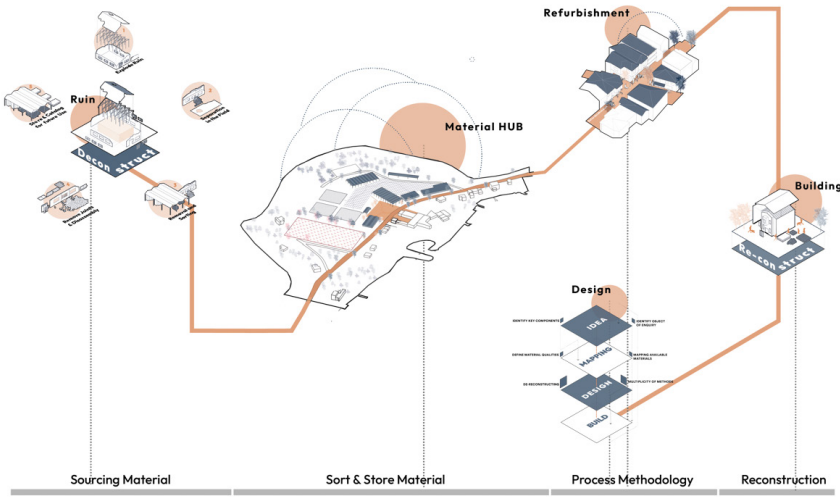


Figure 2. Material Flow of Building Materials

Sourcing Material

The island of Büyükada possesses significant material resources in the form of its ruins and empty buildings. In order to make the most of these available resources, a deconstruction strategy has been proposed. This strategy involves the identification and separation of building structures and their materials, which can then be brought to the material hub for further processing.

At the material hub, machines and workers can disassemble and sort the materials, which are then catalogued and stored for future use. This process allows for the maximization of material use and reduces waste in the construction industry on the island. By implementing this strategy, Büyükada can make use of its existing resources and contribute to a more sustainable and circular economy.

Storage of Materials in The Material Hub

The material hub itself is located at the already existing storage space in the east of the island at the logistic harbour. In a restructured approach the hub provides enough space for material storage either outside or inside. Besides its storage capabilities, it allows combining productive areas for the material process with public areas the opposite of the Islands' Museum to create a visible production process from outside.

Coordination with “Büyükada App”

The material hub as a section, inside the “Büyükada App”, offers a digital catalogue with a wide range of materials, from building materials to everyday items, which can be easily accessed and searched. As a result, the material hub serves as a one-stop shop for anyone in need of high-quality materials, whether they are construction professionals, DIY enthusiasts, or individuals looking for everyday items.

Processing Materials from the Material Hub

The concept of a circular economy involves creating products and systems that prioritize the reuse and repurposing of materials in order to reduce waste and minimize natural resource consumption. This stands in contrast to traditional economies, where many products and materials are discarded after a single use, resulting in negative environmental and social impacts. In a circular economy, the focus is on reimagining the design and production of products so that materials can be repurposed and reused. This might include involving local craftsmen in refurbishing complex building parts or exploring ways to extend the lifespan of materials used in construction processes. By adopting a circular approach that recognizes the full potential of materials and works to preserve and reuse them, we can take meaningful steps towards creating a more sustainable and circular economy.

Reconstruction

The role of buildings in a circular economy is paramount to promoting sustainability and reducing waste. Circular buildings must be adaptable, durable, and designed for multiple uses rather than a single-use approach. In Büyükada, this translates to maximizing the use of building materials by repurposing them creatively, integrating different construction sites, and collaborating with other industries to transform and repurpose materials. This approach enables the more efficient and sustainable use of building materials

on Büyükkada, supporting material circulation and reducing waste. As a result, buildings on the island will be flexible and dynamic, capable of adapting to changing needs over time.

b. Sharing Society

The sharing society strategy focuses on creating both digital and physical platforms that can facilitate the efficient sharing of resources on Büyükkada. These platforms may include online websites or mobile apps that allow people to easily access and share resources, such as tools or meals. The overall aim of this strategy is to encourage sustainable consumption and production on the island by increasing the usage and value of products, which can reduce waste and the need to purchase new items. This approach also emphasizes the importance of collaborative production and building a sense of community, which can support the development of new skills and knowledge.

c. Transformative Economy

The economic approach advocated in this strategy highlights the need to move beyond the traditional focus on economic growth towards a more sustainable and transformative economy. To achieve this, low-threshold projects that prioritize repairing and converting existing products over consuming new ones should be prioritized. Furthermore, creating knowledge and awareness about the benefits of a circular economy, where waste is minimized and resources are conserved, is crucial.

To support this approach, the strategy suggests the use of micro-factories on Büyükkada. These factories would simplify the production process in a circular economy, generating resources from waste and using digital fabrication methods to reuse them. This would provide opportunities for new business models and help to make the most of the limited space on the island. By implementing this approach, the goal is to create a more sustainable and efficient economy that supports the long-term development of Büyükkada.

d. Converting Space and Materials

The proposed strategy aims to leverage materials and collaboration to create new opportunities on the island of Büyükkada. By exploring the potential of materials and experimenting with innovative ways to use them, the strategy seeks to foster new ideas connected to the local culture, events, and social projects. One way to implement this approach is to convert existing spaces into showcases that highlight the potential of materials through exhibitions, workshops, and events.

Additionally, the strategy emphasizes an inclusive approach that encourages everyone on the island to participate in the process of converting and reusing local resources. Creating spaces for exchange and cooperation can promote community and collaboration, enabling people to work together to address common challenges. Ultimately, the goal is to promote a circular society that is sustainable, resource-efficient, and conducive to long-term development on Büyükada.

e. Produce Locally and Collectively

In the spatial connection aspect of the strategy, it is essential to acknowledge and embrace the cultural aspects and local production of Büyükada to effectively close the gaps in the circular economy. This requires emphasizing the culture and potential for circularity of Büyükada. An effective way to do this is through the use of open spaces that showcase the island's culture and local production via various events such as exhibitions, workshops, and other related events. Moreover, it is crucial to link the island's culture and local production to new ideas and innovations generated from the strategy. This can be achieved through the integration of cultural elements into the design of new spaces or by highlighting local production within the context of circularity. Ultimately, the strategy aims to leverage the potential of the island's culture and local production to advance the development of a circular economy.

3.2.2 Island Gardening-Flower Hub

3.2.2.3. Introduction to the Ecological Problems of Büyükada

Büyükada's recent history shows that there were few multi-family buildings erected before 1950 to manage the density of the island's population. As population density rose after the 1950s, so did the number of multi-family housing. As a result, unoccupied areas were progressively opened up for construction, causing significant harm to the island's ecosystem and wildlife. The increased population of the island (tourist+resident) poses below threats:

- Environmental pollution,
- Losing flora due to pollution and deterioration of ecological balance,
- Danger of fire due to the increased tourist population,
- Change and differentiation of vegetation,
- Deterioration in water quality,
- Water and Wastewater management (sewage etc. water),
- Solid waste management (garbage etc.).

3.2.2.4. Island Gardening System

The group's main design proposal is an island gardening system. This system is designed to overcome ecological, economic, and tourism problems by introducing a sustainable and circular method. The island gardening system consists of three sub-systems: The Buyukada Flower Hub, where the majority of operations such as harvesting and fertilizing are managed. Island Gardening is in charge of overseeing gardening and educational operations. The Product Atelier monitors production and sales.

The main purpose of island gardening is to introduce a system that helps local people in Buyukada, to participate in gardening programs where gardening education and training is provided. The local people not only participate in gardening education but also, are part of the production of island souvenirs, which is a chance for them to improve their economy.

Büyükada Flower Hub

Büyükada Flower Hub is located next to the material bank defined by the Circular Buyukada group (Figure 3). The first service offered by the Buyukada flower hub is the seed bank. The seeds are distributed from the seed bank to the island gardens, workshops, and common housing in each district. Following the planting of the seed, harvesting and product collecting are offered. The flower hub also serves as the location for fertilizing using recycled organic resources.



Figure 3. Büyükada Flower Hub Sub-Systems

The Flower Hub offers process monitoring as a service; such as the maintenance of the plots, the timing of planting and harvesting, creating the harvesting calendar for each plant and choosing the best locations for plantations according to the flowering times and ecological characteristics.

The Flower Hub also offers maintenance services for island gardens, product ateliers and implementation of flower plantations. The management of activities held in island gardens and workshops are managed by the maintenance service. The implementation of the plantation aims to restore the traditional Büyükada garden flower plants. Several pilot areas are identified such as the gardens and fences of homes, squares, key streets, and ports. Endemic flowers are planted in these locations.

Island Gardening

Island gardening is in charge of dealing with issues like planting, harvesting and education. Locals may learn and advance their gardening at workshops, while people without gardens may participate in gardening activities in community gardens. The Island Gardening also offers a plant hospital service. Here, botanists take care of the locals' damaged plants and protect them from unforeseen diseases.

Gardening on the island is a seasonal activity. For example, the majority of educational and training courses are held in winter. People who completed their education throughout the winter are prepared to engage in planting and cultivating exotic flowers during the spring planting season. Plants are harvested and stored over the summer in preparation for future production. Additionally, gardening festivals are organized in summer during the tourism season, while the season for souvenir manufacture in product ateliers is winter and spring.

The Product Atelier

Some plant provides byproducts that are advantageous to the economy and tourism. The Product Atelier manages the production and sales processes of these products. For example, mimosa may be used to create candles, soaps, chocolates, and fragrances. Lavender may be used to make cheesecakes, body lotions, shampoos, and beverages (Figure 4). These products can be commercialized as souvenirs and sold in souvenir shops and restaurants.

A calendar is built that determines the dates of the festivals after compiling harvest data for some of the plants (Figure 5). The festivals that are suggested are flower, painting, and gardening (planting) festivals. Festival specifics and announcements are made on the Büyükada App. Visitors are able to participate in these festivities and verify the dates on their phones. Since they take part

in workshops and training sessions throughout these festivals, they have the opportunity to join the gardening society in Büyükada. The revenue made from selling these things contributes to the improvement of the economic state of the local populace.

With the support of island gardens all around Büyükada, the Island Gardening System can help attain a sustainable environment. Locals, especially the elderly may participate in the manufacturing and gardening stages, which will foster a feeling of community among small groups. Additionally, active ageing may aid in the physical well-being of seniors. All of these may lead to a cooperative collective society that impacts local residents' psychological well-being as well as their economic standing.

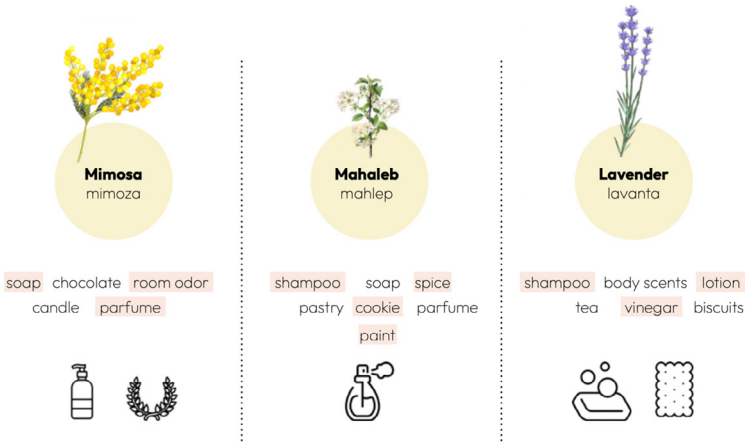


Figure 4. The Products of the Atelier

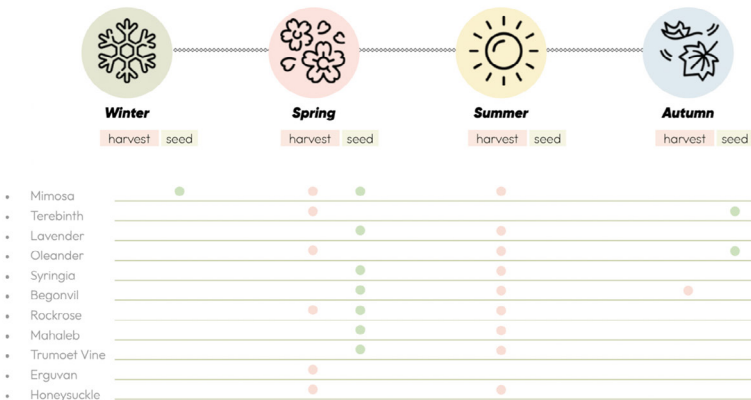


Figure 5. Harvesting Calendar for Endemic Flowers

4. CONCLUSION

This experimental study investigates the implementation of circular economy principles on an urban scale through the circular island concept on Büyükada. The conceptual circular strategies, on various scales, are developed for Büyükada. In order for the proposed strategies to be implemented, it is necessary for digital technologies to be integrated into this process, as they are crucial in making the circularity concept operational to transform theoretical circular economy principles into feasible and practical activities. The “sharing bicycles” circular concept, developed by Büyükada app group, can be made operational via the Internet and the IoT that provided the foundations for the use of shared bicycles based on AB-Product service systems. The IoT technology ensures bike data collection and networking. The information collected through the IoT helps provide better technical support for on-site maintenance technicians, thereby extending the service life of the bicycles. The positioning technology provided by the IoT enables reverse recycling activities, such as refurbishment and remanufacturing of bicycles, to close the loop. The cloud platform offers data storage and management for shared bicycles, and AI provides technical support for smart operations through big data analysis (Yafeng et al., 2023).

In the studio scale, it is observed that in order to make circular design concepts operational on urban scale the emerging technology landscape should be introduced (Figure 6). In order to develop conceptual works into experimental prototypes in the academic educational setting, collaborative working environments of various fields (urban design, architecture, computational design, computation science and data science) should be provided. The new model of working environments is explored in “Digital Design Architecture Studio” where the students implemented circularity concepts on Kadıköy municipal scale by utilizing newly emerging technology landscapes. The forthcoming publication will demonstrate through case studies the utilization of emerging Technologies in the implementation of circularity concepts on Kadıköy municipal level.

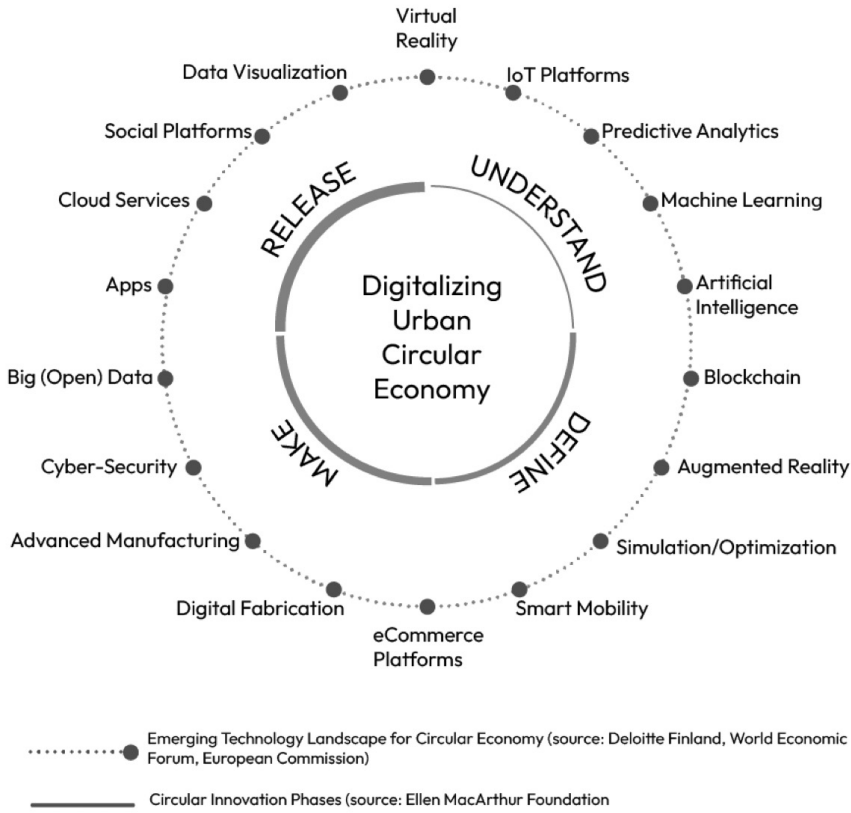


Figure 6. Digitalizing Urban Circular Economy, Reinterpreted from Politecnico di Milano

Circular and digital transformation that brought a change in design, production and consumption with change in business models forces all professional design fields and education settings to adapt these changes into their making and teaching processes.

REFERENCES

- Bocken, N. M. P., Short, S. W., Rana, P., & Evans, S. (2014). A literature and practice review to develop sustainable business model archetypes. *Journal of Cleaner Production*, 65, 42-56.
- Cutieru, A. (2023). Amsterdam's Floating Neighbourhood Schoonschip Offers a New Perspective on Circularity and Resiliency. *ArchDaily*. <https://www.archdaily.com/964050/amsterdams-floating-neighbourhood-schoonschip-offers-a-new-perspective-on-circularity-and-resiliency>

- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P., & Hultink, E. J. (2017). The circular economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production*, 143, 757-768.
- Given, L. M. (2008). *The sage encyclopedia of qualitative research methods*. Thousand Oaks, CA: Sage.
- Korhonen, J., Honkasalo, A., & Seppälä, J. (2018). Circular economy: The concept and its limitations. *Ecological Economics*, 143.
- Liu, Q., Trevisan, A. H., Yang, M., & Mascarenhas, J. (2022). A framework of digital technologies for the circular economy: Digital functions and mechanisms. *Business Strategy and the Environment*, 31(5), 2171– 2192.
- McDonough, William. (2002). *Cradle to cradle: remaking the way we make things*. New York: North Point Press.
- Schlotter, E. (2020). *Affordable housing and social inclusion Case study of the U4SSC A guide to circular cities* [Slide show]. Committed to connecting the world. https://www.itu.int/en/ITU-T/ssc/united/Documents/U4SSC%20Publications/A%20guide%20to%20circular%20cities/20-00254_Case-study_Affordable-Housing-and-Social-Inclusion.pdf?csf=1&e=ai4epL
- Wohnbuddy | Wohnbuddy ist eine Wohn-Plattform, die älteren Menschen sowie Senioren- und Pflegewohnhäusern passende Wohnpartner vermittelt. (n.d.). <https://www.wohnbuddy.com/>
- Yafeng, H., Shevchenko, T., Yannou, B., Raninari, M., Esfandabadi, Z.S., Saidani, M., Bouillass, G., Bliumska-Danko, K. (2023). “Exploring How Digital Technologies Enable a Circular Economy of Products” *Sustainability* 15, no. 3: 2067.

Mimarlıkta Seri Üretimi Kişiselleştirmeye Yönelik Kullanıcı Merkezli Bir Veri Çerçevesi

DOĞA ÇAKMAK¹ , FARUK CAN ÜNAL² 

¹Yeditepe Üniversitesi, ²KU Leuven

¹dogacakmak_@outlook.com, ²farukcan.unal@kuleuven.be

Özet

Seri üretim yaklaşımı, genel bir profil altında hızlı bir biçimde kullanıcıya konut üretimi sağlayabildiği için mimarlıkta kabul görmüş bir uygulamadır. Standardizasyona dayalı bu yaklaşım, kullanıcıların temel mekânsal ihtiyaçlarının belirlenerek düşük maliyetle birden çok kullanıcıya aynı anda hizmet verebilmeyi hedefler. Seri üretimde tasarımcı ön planda iken kullanıcı kimliksiz sayılır. Bu durum, zaman içerisinde seri üretimin çeşitli kullanıcılar için farklı ihtiyaç ve isteklerin karşılanmasını sağlayamayarak kullanıcılar tarafından benimsenmesini zorlaştırmıştır. Kitlesele özelleştirme ise, seri üretimin hızlı ve düşük maliyetli yaklaşımını kişiselleştirme ile birlikte ele alarak konut üretimini hedefler. Standardizasyonun getirdiği problemleri çözebilme amacıyla ortaya çıkan bu yaklaşım, seri üretimin aksine kullanıcıya bir kimlik vererek tasarımda yer edinmesini sağlar. Bu yaklaşım altında tasarımcı, kullanıcının sağladığı verileri dikkate alarak hareket eder. Bu sayede de kullanıcının kendi yaşam alanının tasarımında yer almasıyla konut sürdürülebilirliğinin artırılacağı görülmektedir. Mekânsal kişiselleştirmeyi sağlayacak kullanıcı verilerinin, kullanıcının günlük aktivitelerine ve bu doğrultuda oluşturduğu mekânsal rutinelere bağlı geliştiği düşünülmektedir. Bu doğrultuda, bir mekânın tasarımında kullanıcının sadece bilinçli mekânsal ihtiyaçları ve istekleri ile değil, aynı zamanda günlük aktiviteleri ve mekânsal rutinlerinden gelen bilinçli ya da bilinçsiz ihtiyaç ve isteklerinin de dikkate alınması önem taşımaktadır. Kullanıcı aktivitelerinin ve mekânsal rutinlerinin gözlemi kullanıcı profili oluşturmayı sağlayarak konutlarda kişiselleştirmeyi destekleyecektir. Uzun bir zamana dayalı bu verilerin elde edilmesinde sürekli bir gözlem gerekmesi nedeniyle, kullanıcının günlük aktivite ve mekânsal rutinlerinin takibi için enformasyon ve iletişim teknolojilerinin kullanılabilmesi düşünülmektedir. Bu çalışma kapsamında, kullanıcıya ilişkin verilerin sınıflandırılması ve toplanması için günlük aktivite ve mekânsal rutinlerden yola çıkan kullanıcı merkezli bir veri çerçevesi önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Seri üretim, Kitlesele özelleştirme, Kullanıcı verileri, Günlük aktiviteler, Mekânsal rutinler, Enformasyon ve iletişim teknolojileri

A User-Centered Data Framework for Customizing Mass Production in Architecture

DOĞA ÇAKMAK¹ , FARUK CAN ÜNAL² 

¹Yeditepe University, ²KU Leuven

¹dogacakmak_@outlook.com, ²farukcan.unal@kuleuven.be

Abstract

The mass production approach is an accepted practice in architecture, as it can rapidly produce housing for the user under a general profile. This approach based on standardization aims to provide services to multiple users at the same time at low cost by determining the basic spatial needs of the users. In mass production, while the designer is at the forefront, the user is considered anonymous. This situation made it difficult for the users to adopt mass production by failing to meet the different needs and demands of various users over time. Mass customization, on the other hand, aims at housing production by considering the fast and low-cost approach of mass production together with customization. This approach, which emerged with the aim of solving the problems brought by standardization, allows the user to gain a place in the design by giving an identity to the user, unlike mass production. Under this approach, the designer acts by considering the data provided by the user. In this way, it is seen that the sustainability of the residence will be increased by the users' participation in the design of their own living spaces. It is thought that the user data will provide spatial customization develops depending on the daily activities of the user and the spatial routines created in this direction. Accordingly, in the design of a space, it is important to consider not only the basic spatial needs and wishes of the users, but also the conscious or unconscious needs and wishes of their daily activities and spatial routines. Observation of user activities and spatial routines will support customization in residences by enabling user profiling. It is thought that information and communication technologies can be used to monitor the daily activities and spatial routines of the user, as a continuous observation is required to obtain these data based on a long time. Within the scope of this study, a user-centered

data framework based on daily activities and spatial routines is proposed for the classification and collection of user-related data.

Keywords: Mass production, Mass customization, User data, Daily activities, Spatial routines, Information and communication technologies

1. GİRİŞ

Seri üretim yaklaşımının mimaride kullanılmaya başlamasıyla birlikte, tasarımcı ve kullanıcılar tarafından geniş kabul gördüğü görülmektedir. Modern akım mimarları tarafından desteklenen bu üretim şekli, standart işlevli mekânlardan meydana gelen konutlarda önemli bir yer buldu. Hızlı ve düşük maliyetli konut üretimi, dünya genelindeki konut ihtiyacını geleneksel üretim teknikleriyle ulaşılamayacak bir biçimde artırdı. Ancak zaman içinde standardizasyonun yarattığı problemler, seri üretim konutların tercih edilmesini etkilemeye başladı. Kullanıcıların konutlarında her ihtiyaç ve isteklerine karşılık bulamaması ve paralelinde gelen aidiyet eksiklikleri seri üretim konutların kimliksiz ve kullanışsız olarak nitelendirilmesine sebep oldu. Devamında kitlesel özelleştirmenin bu sorunlara bir cevap niteliğinde ortaya çıktığı görülmektedir. Kullanıcı katılımlı tasarım yaklaşımını benimseyen kitlesel özelleştirme, kullanıcının kimliğini tasarımda ele alarak konut üretimini iyileştirmeyi hedeflemiştir. Bu nedenle de kullanıcı verilerinin etkin bir biçimde edinilmesi ve kullanımı önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, kullanıcıların konut içi ihtiyaç ve isteklerinin karşılanmasında, işlevsel gerekliliklerinden öteye geçip günlük aktivite döngülerinden gelen mekânsal rutinlerden yola çıkılmıştır. Bu aktivite ve rutinlerin takibinin kitlesel özelleştirme için bir veri çerçevesi oluşturacağı öngörülmektedir. Kullanıcının günlük aktivitelerine ait kişisel verilerin enformasyon ve iletişim teknolojileri sayesinde toplanarak mekân kullanım sıklıklarının belirlenmesi ve dolayısıyla mekânsal rutinlerinin gözlemlenmesi mümkündür. Bu çalışma kapsamında önerilen veri çerçevesinin, enformasyon ve iletişim teknolojilerinin etkin kullanımı altında kullanıcı merkezli konut tasarımını destekleyeceği düşünülmektedir.

2. MİMARLIKTAKİ MEKÂN TASARIMI VE ÜRETİMİNDE KULLANICIYA YAKLAŞIM

Mimarlıkta mekân tasarım ve üretiminde farklı yaklaşımların kullanıldığı görülmektedir. Bu çalışma kapsamında ele alınan mimarlıkta seri üretim ve kitlesel özelleştirme yaklaşımlarının tasarım aşamasında kullanıcı ile ilişkisi açısından farklılıklar dikkat çekmektedir. Seri üretim yaklaşımında kullanıcı genel kabuller altında bir kullanıcı profili olarak kabul edilirken, kitlesel özelleştirme yaklaşımında tasarıma kullanıcının katılımı sağlanmaktadır. Üretilecek mekânlarda kullanıcıya ilişkin verilerin tasarımda temsili açısından iki farklı doğrultu gözlemlenmektedir.

2.1. Mimarlıkta Seri Üretim ve Genel Kullanıcı Profili Kullanımı

Mimarlıkta seri üretim Gropius'un Bauhaus hareketiyle tartışılmaya başlanıp (Hughes, 1984), Corbusier'in konut birimlerinin araba parçalarında olduğu gibi seri biçimde üretilebilirliğini sorgulamasıyla (Corbusier, 1986) önem kazanmıştır. Seri üretim yaklaşımıyla yaşam alanlarının standardizasyonu, standart konut birimlerinin kısa sürede ve düşük maliyet altında üretilmesi, dolayısıyla konut tasarım ve yapım süreçlerini hızlandırmak amaçlanmıştır (Benros & Duarte, 2009). Geniş kabulü ise II. Dünya Savaşı'ndan sonra yıkılan şehirleri yeniden toplama ve konut açığını hızlı ve düşük maliyetle giderme ihtiyacının sonucu olarak etkin kullanımıyla ortaya çıkmıştır. Zamanla seri üretim konutların beraberinde getirdiği sıkıntılar ön plana çıkmaya başlamıştır. Standart konut tasarımları farklı kullanıcıların mekânsal rutinlerine uyum sağlayamamış (Eranil & Gürel, 2020), istek ve ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalmıştır (Raposo & Eloy, 2020). Tekdüzelik ve kişiselleştirilmeye imkân tanımaması kullanıcıyı kimliksizleştirmiş (Bourdon, 2019) ve konutların sürekliliğini etkilemiştir. Süreç içerisinde seri üretim konutların birçoğu terkedilmiş, kalan konutlar ise maddi durumu yetersiz kullanıcıların tercih etmek zorunda kaldıkları mahalleleri oluşturmuştur. Bu durum, sınıf farkını da tetikleyerek, bu yapıların tekinsiz olarak nitelendirilmesine sebep olmuştur (Manzo, 2014).

Tasarımcının ön planda olduğu seri üretimde, kullanıcının kişisel tercihleri yerine belirlenen standart işlevli mekânlar yer almaktadır. Farklı kullanıcıların çeşitli istek ve ihtiyaçlarının yapılan her ayrı tasarımda ve üretiminde karşılık bulması zaman alıcı olduğu için kullanıcı kimliksiz varsayılır. Tasarımcının kullanıcı ihtiyaçlarını belirli kabuller altında belirlediği tasarımlarda, tek taraflı olarak alınacak kararlarla hızlı ve standart sonuçlar elde edilse de kişisel ihtiyaçların ve isteklerin tasarıma yansımaması kullanım sırasında problemler yaratmaktadır. Burada karşılaşılan temel problem mekânı tasarlayan ve kullanan kişiler arasındaki iletişimsizlik nedeniyle kullanıcı ve tasarımın birbiri ile etkileşime geçememesidir. Dolayısıyla tasarımcının kullanıcının kişisel verileri etrafında hareket etmediği bir yaklaşım, sonuç ürünün kullanılabilirliğini ve bu durumun bir getirisi olarak sürdürülebilirliğini olumsuz yönde etkilemektedir.

2.2. Mimarlıkta Kitlesele Özelleştirme ve Kullanıcı Katılımlı Tasarım

Mimarlıkta seri üretimin aktif kullanımı, zaman içerisinde standardizasyonun yarattığı sorunlarla birlikte bir çözüm önerisi olarak geliştirilen kitlesele özelleştirmeye zemin hazırlamıştır. Kitlesele özelleştirme terimini ortaya atan

Davis'e göre, seri üretim ve kişiselleştirme terimsel olarak zıt iki uçta yer alsada mevcut teknolojilerle yapılabilecekler sonsuz olasılıklar içermektedir (Davis, 1987). Seri üretimin düşük maliyetli ve standart ürünlerine karşılık; yine düşük maliyetini korur biçimde ve kişiselleştirilmiş ürünlerin mimariye yansımalarının esnek ve kullanıcıya adapte olabilen konutlar olması kitlesel özelleştirme fikrini mimarlıkta öne çıkarmıştır (Dye, 2004; Duarte, 2018). Bu doğrultuda mekânsal tasarımlarda kullanıcılara göre kişiselleştirilebilen üretimler yaygınlaşmaya başlamıştır.

Kitlesel özelleştirmenin başarılı olabilmesi mekân tasarımında kullanıcının tasarımcıyla birlikte aktif bir şekilde rol alması ile mümkündür (Elmasry & Farid, 2007). Geleneksel kullanıcı tasarımcı ilişkisi kullanıcının istek ve ihtiyaçlarını sözlü ifade ettiği ve tasarımcının hayata geçirdiği bir yaklaşıma dayanmaktadır. Bu yaklaşımda kullanıcının genellikle mesleki bir bilgisi yoktur, tasarımcı ise kullanıcının mekânsal tercihleri konusunda yetersiz kalabilmektedir (Dortheimer et al., 2020). Çünkü tasarımcının kullanıcı verilerine erişimi, kullanıcının bilinçli ihtiyaç ve istekleri üzerinedir. Kullanıcının zaman ve mekân içinde oluşturduğu rutinlerinden gelen bilinçsiz ihtiyaçları hakkında veri edinmesi mümkün değildir. Dolayısıyla, kullanıcının mekân kullanımına dair verilerinin kapsamlı bir biçimde çözümlenmesi gerekliliği açıkça ortadadır. Bu durumda kullanıcının tasarım sürecine katılımının günümüz koşullarında enformasyon ve iletişim teknolojilerinin sağlayacağı katkı da göz önüne alınarak gözden geçilmesi bir gerekliliktir.

3. GÜNLÜK AKTİVİTELER VE MEKÂNSAL RUTİNLERE DAYALI KULLANICI MERKEZLİ VERİ ÇERÇEVESİ

Mekânların kullanıcıya göre kişiselleştirilerek tasarlanmasında günümüz imkanları göz önünde bulundurulduğunda yalnızca işlevsel bir yaklaşım altında kullanıcının tasarımcıya belirttiği ihtiyaçlarla hareket etmek doğru görülmemektedir. Kişiselleştirme sürecinde veri sağlayan taraf kullanıcıdır ve kişiselleştirmeyi kontrollü bir biçimde gerçekleştirebilmek için kullanıcı merkezli bir veri çerçevesi altında edinilmiş veriler gerekmektedir. Bu çalışma kapsamındaki öneri veri çerçevesi geliştirilirken kullanıcının günlük aktiviteleri ve mekânsal rutinlerinden hareket edilmiştir. Kullanıcının kişisel günlük aktiviteleri doğrultusunda oluşan mekânsal rutinlerin çözümlenmesi ile tasarım sürecine katkı sağlanabileceği düşünülmektedir.

3.1. Günlük Aktiviteler ve Mekânsal Rutinler

Kullanıcıların günlük aktiviteleri, kişisel mekân kullanımlarına dair doğrudan veri sağlar. Uyuma, yeme-içme, boş zaman etkinlikleri, kişisel ve genel hijyen

aktiviteleri her kullanıcının konut içi gerçekleştirdiği aktiviteler olmasına karşın, gerçekleştirilme sıraları, sıklıkları ve gerçekleştirilme mekânları farklılık gösterebilir. Bu nedenle kullanıcıların günlük aktivitelerinden meydana gelen mekânsal rutinlerin incelenmesi önem taşımaktadır. Mekânsal rutinlerin tasarım sürecine dahil edilmesi, konuttaki mekânların birbirleri ile ilişkilerinin geliştirilmesine olanak sağlayarak, tasarlanacak konutun bir bütün olarak çalışmasını sağlar (Certeau, 1984; Diaz, 2018). Bireysel aktivitelerin sürekliliği göz önüne alındığında oluşan mekânsal rutinler kullanıcının farkında olduğu ihtiyaçlarının yanı sıra farkında olmadan bilinçsiz olarak gerçekleştirdiği alışkanlıklarına yönelik de veri sunar.

Kullanıcıların konut içerisindeki mekânsal rutinleri, zaman içerisinde gerçekleştirilen belirli aktivitelerin devamlılığından kaynaklanır. Her kullanıcının konut içerisinde kendine özgü mekânsal rutinleri vardır. Çalışan kullanıcıların ev içinde buldukları ve dışarıda buldukları saatler belirli bir düzene göre işler. Birlikte yaşayan kullanıcılar yemek saatlerinde birlikte yemek yiyebilir, her kullanıcının seçtiği ve oturduğu belirli bir sandalye olabilir. Yemeği yapan kullanıcı ve masayı toplayan kullanıcılar genellikle belirlidir. Konutta bir evcil hayvan varsa onun ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanıcılar belirli bir düzene göre hareket ederler. Fakat standart bir konut tasarımında bu tür verilere ilişkin olarak her durum göz önünde bulundurularak tasarım gerçekleştirilmediğinden her kullanıcının rutinlerini aynı kolaylıkla gerçekleştirmesi mümkün olmayacaktır. Bu nedenle kişiselleştirmeyi sağlamak için kullanıcı verilerini belirli parametreler altında tasarıma taşıyacak bir veri sınıflandırmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada aktivite, zaman ve mekân ilişkisi üzerinden bu çerçevenin bileşenleri tanımlanmaya çalışılmıştır.

3.2. Aktivite-Zaman-Mekân İlişkilerinin Çözümlemesi ve Kullanıcı Merkezli Veri Çerçevesi Önerisi

Günlük aktiviteleri ve mekânsal rutinleri temel alan çalışmanın yaklaşımı, gerçekleştirilen aktivite, gerçekleştirildiği zaman aralığı ve gerçekleştirildiği mekâna dayanmaktadır. Başlangıç bilişeni olarak aktiviteden hareket edilse de aktivitenin zaman ve mekâna bağımlı olma durumu ortadadır. Uyuma, yeme/içme, çalışma, hijyen sağlama, medya kullanımı, sosyalleşme ve hobilerle ilgilenme gibi farklı aktiviteler gerçekleşebilir. Bu aktiviteler belirli zaman aralıkları içerisinde mekân ile etkileşim kurarlar (Tablo 1). Bir kullanıcının yaşam tarzını ve mekânsal rutinlerini anlamak için hangi mekânı hangi aktivitelerle kullandığını bilmek önem taşır. Bu verilerin elde edilmesinden sonraki aşamada, kullanıcının mekân kullanma sıklığı ve hangi aktiviteyi ön planda tutarak kullandığıyla ilgili veriler sağlanabilir ve daha geniş kapsamlı uzun zamana dayalı analizler edinilebilir.

Tablo 1: Aktivite-zaman-mekân ilişkisi

	Aktivite (a_{aktivite})		Zaman ($t_{\text{başlangıç}} - t_{\text{bitiş}}$)		Mekân ($m_{\text{mekân}}$)
a_{uyuma}	Uyuma	t_{uyuma}	Uyuma süresi	$m_{\text{yatakodası}}$	Yatak odası
$a_{\text{yeme/içme}}$	Yeme/içme	$t_{\text{yeme/içme}}$	Yeme/içme süresi	m_{mutfak}	Mutfak
$a_{\text{çalışma}}$	Çalışma	$t_{\text{çalışma}}$	Çalışma süresi	$m_{\text{çalışmaodası}}$	Çalışma odası
a_{hijyen}	Hijyen sağlama	t_{hijyen}	Hijyen sağlama süresi	m_{banyo}	Banyo
a_{medya}	Medya kullanımı	t_{medya}	Medya kullanım süresi	$m_{\text{oturmaodası}}$	Oturma odası
$a_{\text{sosyalleşme}}$	Sosyalleşme	$t_{\text{sosyalleşme}}$	Sosyalleşme süresi	m_{salon}	Salon
a_{hobi}	Hobiler	t_{hobi}	Hobi süresi	m_{garaj}	Garaj
...

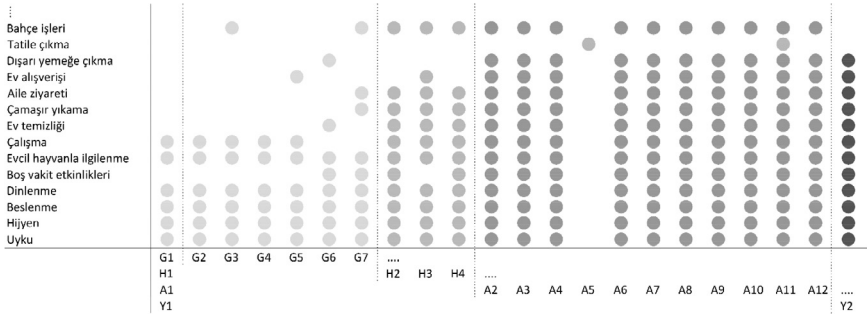
Tablo 2’de örnek olarak uyuma aktivitesi incelenmiş ve aktivite-zaman-mekân çözümlenmesi altında ele alınmıştır. Örnek durumdaki uyuma aktivitesine bakıldığında 3 kez farklı zaman aralıklarında ve farklı mekânlarda gerçekleştiği görülmektedir. Bu durum, günlük aktivitelerin mekânsal karşılıklarının her durumda bir tane olmadığını göstermektedir. Standart bir konut tasarım yaklaşımında uyuma aktivitesi yatak odası mekânına indirgenmiş bir durumda iken kullanıcının farklı mekânlarda uyumaktan keyif alması gibi bir durum göz ardı edilmektedir. Bu tür verilerin sağlanabilmesi ile mekânın kullanıcı aktiviteleri ile ilişkili olarak kişiselleştirilmesi desteklenebilir. Ayrıca zamanın akışına dayalı olarak aktivitelerin sıralanmasıyla mekânlar arası kullanıcı hareketleri hakkında da veri sağlanabilir. Kullanıcının güne başladığı zaman ve mekândan günü sonlandırdığı zaman ve mekâna kadar gösterdiği aktivite sıralaması, kullanıcının mekânlar arası izlediği rotayı ortaya çıkarır.

Tablo 2: Uyuma aktivitesine ilişkin aktivite-zaman-mekân çözümlenmesi

Gerçekleştirilen Aktivite (a_{aktivite})	Aktivitenin Gerçekleştirildiği Zaman Aralıkları ($t_{\text{başlangıç}} - t_{\text{bitiş}}$)	Aktivitenin Gerçekleştirildiği Mekân ($m_{\text{mekân}}$)
a_{uyuma}	t_{uyuma1}	$m_{\text{yatakodası}}$
	t_{uyuma2}	$m_{\text{oturmaodası}}$
	t_{uyuma3}	$m_{\text{çalışmaodası}}$

Mekânsal rutinlerin oluşmasında kullanıcı aktivitelerinin zaman içerisindeki döngüsü önem taşır. Mekân içerisindeki kullanıcı hareketlerinin sürekliliği, bu hareketlerin gerçekleştirilme sıklıklarına göre değişkenlik gösterir. Rutinler, sadece gün içerisinde değil, haftalık, aylık ve yıllık olarak da tekrarlanabilir (Şekil 1). Günlük kullanıcı aktiviteleri hafta içinde, haftalık aktiviteler ise ay içinde değişkenlik gösterebilir. Kullanıcıların temel günlük aktivitelerinin gerçekleştirildiği mekân ve zaman aralıkları benzerken, daha uzun bir zaman diliminde ele alındıklarında, değişkenlik gösteren günler veri olarak elde edilecektir. Aynı durum, kullanıcının önceki haftalarda göstermediği bir rutini

ayda bir hafta uygulamasında da geçerlidir. Bu değişim günlük, haftalık, aylık ve yıllık rutinlerin bir arada incelenmesi ile görülebilir. Rutinlerdeki uzun süreli değişimler, kullanıcının mekânsal ihtiyacındaki değişimin tespiti için de gerekli bir veridir. Dolayısıyla aktivite döngülerinin mekân tasarımında önemli bir yeri olduğu söylenebilir. Aktivite döngüleri sadece mekân kullanım sıklığını göstermez. Bu döngülerin belirlenmesiyle konut içi mekânlar arası kullanım sıklıklarının belirlenerek kullanıcının konut içerisindeki hareket rutinini oluşturmak da mümkündür. Kullanıcının konut içerisinde günlük aktivitelerini gerçekleştirirken rahat hareket etmesini sağlayan bir tasarım, alanın verimli kullanılmasını sağlayacaktır. Sonuç olarak, bu verilerin bir araya toplanması kullanıcının genel mekân kullanımına dair bir veri çerçevesi ortaya koyarak, kişiselleştirmenin temelini oluşturacaktır.



Şekil 1: Kullanıcıların günlük, haftalık, aylık ve yıllık rutinleri

Günlük aktiviteler ve bu aktivitelerin oluşturduğu mekânsal rutinlerin ortaya koyduğu mekân kullanımı ve sıklıkları önerilen kullanıcı merkezli veri çerçevesi altında ele alınabilir. Bu çerçeveye göre a kısaltması altında temsil edilen aktiviteler indis numarasına göre kullanıcının tüm aktivitelerini kapsar biçimde sıralanarak ele alınmasını sağlar. Aktiviteler belirli zaman aralıklarında ve belirli mekânlarda gerçekleşirler. Aktivitelere ilişkin zaman aralıkları başlangıç ve bitişlerine bağlı olarak ele alınırken, mekânlar da indis numaraları altında sınıflandırılabilir. Şekil 2'deki a1 gibi tekil gerçekleşen aktiviteler olabileceği gibi, a2 gibi aynı mekânda gerçekleşen ya da a3 gibi farklı mekânlarda gerçekleşen aktivitelerle karşılaşılabılır. Bu çalışmada önerilen gelişmelere açık yapıdaki veri çerçevesi, verilerin toplanmasına ve analiz edilmesine uygun bir nitelik taşımaktadır.

a_1	$t_1(t_{1a}-t_{1b})$	m_1
a_2	$t_2(t_{2a}-t_{2b})$	m_2
	$t_3(t_{3a}-t_{3b})$	m_2
a_3	$t_4(t_{4a}-t_{4b})$	m_3
	$t_5(t_{5a}-t_{5b})$	m_1
	$t_6(t_{6a}-t_{6b})$	m_2
...
a_n	$t_n(t_{na}-t_{nb})$	m_n

Şekil 2: Kullanıcı merkezli veri çerçevesi

3.3. Veri Elde Ediniminde Enformasyon ve İletişim Teknolojileri

Enformasyon ve iletişim teknolojilerinin hızlı gelişimi ile birlikte geçmişte gerçekleştirilmesi mümkün olmayan birçok çalışma günümüzde uygulanabilmektedir. Bu çalışmada önerilen veri çerçevesinin kullanacağı verilerin elde edilmesinde de günümüz enformasyon ve iletişim teknolojileri yetkin durumdadır. Öncelikle internet Web 1.0'dan Web 4.0'a uzanan gelişim süreciyle bu altyapıyı destekleme noktasında en önemli unsurdur. Web 1.0 ile kullanıcıya bilgi sağlama ekseninde başlayan internet, Web 2.0 ile kullanıcıların iletişim halinde olabildiği bir yapıya dönüşmüştür. Web 3.0 gelişmeleriyle ise kullanıcı ve makineler arasındaki iş birliğinin güçlendiği bir yapı sunarak, Web 4.0 altında bütünleşik yaklaşımlarla makinelerin de birbiriyle iletişim kurabildiği yapıya dönüşmüştür (Aghaei et al., 2012; Badgers, 2021).

Günümüzde, günlük hayatta kullanılan elektronik aletlerin birçoğu internete bağlanabilir durumdadır. İnternete bağlanan bu elektronik aletler sadece kullanıcıyla değil, birbirleriyle de iletişim kurabilirler. Nesnelerin interneti (Internet of Things, IoT) yaklaşımı adı altında birbirleri ile iletişim haline geçebilen bu aletlerin veri toplama ve biriktirme sürecinde aktif birer bileşen olduğu görülmektedir (Chen & Tsai, 2015). Nesnelerin interneti, bulut teknolojisi, büyük veri ve yapay zekâ (AI), bütün fiziksel dünyayı siber uzaya bağlayarak sürekli veri aktarımı sağlar ve analiz eder (Chen, 2020). Kullanıcı verileri bulut teknolojisiyle toplanıp biriktirilerek büyük veriyi oluşturur. Büyük veri, kullanıcıların tercihlerini öğrenmek ve ileride yapabilecekleri tercihleri göstermek için yapay zekâyı (AI) ve makine öğrenmesini (ML) kullanılabilir (Izsak et al., 2022). Öğrenilen ve ileride yapılması beklenen tercihler veri olarak tekrar kullanıcı hayatına aktarılır. Bu döngü, kullanıcıdan edinilen verilerle kullanıcı karakterini öğrenerek kullanıcıya en uygun hizmeti

vermeyi hedefler. Enformasyon teknolojilerinin kullanım alanının genişliği göze alındığında, birden çok kullanıcının birbirinden farklı alanlarda sürekli veri paylaşımı içinde olduğu söylenebilir. Bu doğrultuda, kullanıcıların günlük hayatlarında kullandıkları akıllı cihazlar konum, görüntü, ses, sağlık durumu, hareketlilik ve durağanlık gibi konularda sürekli veri sağlamaktadır.

Günlük hayatta kullanıcıların kullandıkları IoT cihazları, kullanıcı rutinlerini belirleme prensibiyle çalıştıkları için birçok alanda kullanıcıya edebilirler. Bunlardan en önemlisi Kullanıcı Aktivitesi Tanıma (Human Activity Recognition, HAR) sistemleridir. 90'lı yıllarda ilk kez araştırılmaya başlanan HAR sistemleri, giyilebilen cihazların benimsenmesiyle kullanıcıların hayatında aktif şekilde kullanılmaya başlanmıştır (Khan et al., 2023). Giyilebilir cihazlarda bulunan sensörler, yürüme, yazı yazma, dış fırçalama, merdiven inip çıkma gibi hareket halinde veya durağan aktivitelerin verilerini ivmeölçerler yardımıyla toplayıp analiz edebilirler (He & Jin, 2008). Kullanıcı aktivitelerine bağlı olarak kullanıcıların mekân kullanım sıklıklarını belirleyen bir diğer teknoloji de Wi-Fi tabanlı iç mekân konumlandırma teknolojisidir (Rekimoto et al., 2007). GPS'in genel olarak dış mekân navigasyonunda kullanılması ve hata payının yüksek olması sebebiyle, konut içi yer belirlemede Wi-Fi tabanlı iç mekân konumlandırma teknolojisi tercih edilmektedir (Liu et al., 2020). Kullanıcının mekân içerisindeki konum verileri ve bu verilerin zaman içerisinde gösterdiği değişimin bütünsel olarak incelenmesiyle kullanıcı aktivitelerini anlamak, gruplandırmak ve mekânsal kişiselleştirmeyi sağlamak mümkün olabilir. Kullanıcıların konum ve mekânda vakit geçirme sıklıklarının belirlenmesi için öncelikli olarak IoT cihazları ve Wi-Fi temelli yaklaşımların kullanılabilmesi düşünülmektedir. Kullanıcı verilerinin kullanıcıların günlük hayatta kullandıkları teknolojik aletler ile toplanarak bulut teknolojisi yardımıyla biriktirilmesi, mekân tasarımı için kullanıcı profili oluşturmada yararlı bir kaynak olarak görülmektedir.

4. SONUÇ

Mimarlıkta seri üretim, her ne kadar düşük maliyetle kısa sürede konut üretimini sağlasa da farklı kullanıcıların ihtiyaçlarını karşılamada yetersiz kalmaktadır. Kullanıcının tasarımda söz sahibi olmaması ve tasarımcının kullanıcıyı belirli kabuller altında ele alarak mekânı tasarlaması ve üretmesi süreçteki asıl problem olarak görülmektedir. Kitleleşme özelleştirme yaklaşımında ise, standardizasyonun yarattığı kimliksizleştirme sorununa bir çözüm olarak ortaya çıkmasına rağmen, kişiselleştirmenin nasıl sağlanacağı bir tartışma konusudur. Tasarımda temel alınacak kullanıcı verileri, standart işlevli mekân kullanımlarının ötesinde, kullanıcıların günlük aktiviteleri doğrultusunda

geliştirdikleri mekânsal rutinlere de bağlıdır. Dolayısıyla mekânların fiziksel planlamasının yanı sıra kullanıcı deneyimlerinin de göz önüne alınarak tasarlanması gereklidir. Bu çalışmada önerilen yapı ile günlük aktivitelere dayalı mekân kullanım sıklığı ve döngüsünde zamana dayalı incelenerek, kullanıcıların mekânsal rutinlerini bir bütün olarak görebilmek, aktivitelerin sıklığını anlamak ve bu doğrultuda bir mekân tasarımı için kullanılabilir. Tasarım sürecine kullanıcı katılımını desteklemek için oluşturulmuş bu veri çerçevesi kitlesel özelleştirme için bir öneri niteliğindedir. Kullanıcının mekân kullanımına dair verilerinin tasarımcıya doğrudan aktarılması günümüz enformasyon teknolojisi araç ve altyapıları ile mümkündür. Bu tip bir çerçeve aracılığı altında daha kapsamlı bir biçimde kullanıcı verileri sağlanabilir. Bu tip veriler aracılığı ile de günümüz/gelecek mimari tasarım ve üretim yaklaşımları kullanıcı odaklı olarak desteklenebilir.

KAYNAKLAR

- Aghaei, S., Nematbakhs, M. A., & Farsani, H. K. (2012, January). Evolution of the World Wide Web: From Web 1.0 to Web 4.0. *International Journal of Web&Technology*, 3(1), 1-10.
- Badgers, H. (2021). March 11, 2023 tarihinde NTT DATA: <https://nttdatasolutions.com/tr/blog/web-bir-sifirdan-web-dort-sifira-internetin-evrimi/adresinden-alindi>
- Benros, D., & Duarte, J. (2009). An Integrated System for Providing Mass Customized Housing. *Automation in Construction*, 310-320.
- Bourdon, V. (2019). Does the Homogeneous City Belong to the Past? *Urban Planning Vol. 4 Issue 3*, 315-325.
- Certau, M. d., Giard, L., & Mayol, P. (1998). The Croix-Rousse Neighborhood. In M. d. Certau, L. Giard, & P. Mayol, *The Practice of Everyday Life: Living&Cooking* (pp. 35-71). Minnesota: University of Minnesota Press.
- Certeau, M. d. (1984). *The Practice of Everyday Life*. Berkeley: University of California Press.
- Chen, Y. (2020, July). IoT, Cloud, Big Data and AI in Interdisciplinary Domains. *Simulation Modelling and Practice Theory*(102), 1-10.
- Chen, Y., & Tsai, W.-T. (2015). Internet of Things and Robot as a Service. Y. Chen, & W.-T. Tsai içinde, *Service-Oriented Computing and Web Software Integration from Principles to Development* (s. 443-499). USA: KendallHunt Publishing Company.
- Corbusier, L. (1986). *Towards a new Architecture*. United States of America: Dover Publication.

- Davis, S. M. (1987). Mass Customizing. S. M. Davis içinde, *Future Perfect* (s. 140-190). Addison-Wesley Publishing Company.
- Diaz, L. (2018, November 7). *Spatial Routines*. Architecture Design Primer: Demystifying Architectural Design: <https://architecturedesignprimer.wordpress.com> adresinden alındı
- Dortheimer, J., Neuman, E., & Milo, T. (2020). A Novel Crowdsourcing-based Approach for Collaborative Architectural Design. *Education and Digital Theory-Ethics, Cybernetics, Feedback, Theory Vol.2* (s. 155-164). Berlin: eCAADe.
- Duarte, J. P. (2018). Customizing Mass Housing: Toward a Formalized Approach. J. P. Branko Kolarevic (Dü.) içinde, *Mass Customization and Design Democratization* (s. 129-142). London: Routledge.
- Dye, W. (2004). Mass Customization in Architecture: Heterogeneity in the Making. *Archipelagos: Outpost of the Americas: Enclaves Amidst Technology* (s. 215-229). Miami: ACSA Press.
- Elmasry, M. H., & Farid, E. M. (2007). User Participation and Mass Customization as Key Factors in the Future Residential Building. *3rd Int'l ASCAAD Conference on Em'body'ing Virtual Architecture* (s. 327- 342). Alexandria: ASCAAD.
- Eranil, M., & Gürel, M. Ö. (2020). Social Housing as Paradoxical Space: Migrant Women's Spatial Tactics Inside Toki Uzundere Blocks. *Home Cultures* 19:1, 23-48.
- He, Z.-Y., & Jin, L.-W. (2008). Activity Recognition From Acceleration Data Using AR Model Representation and SVM. *Proceedings of the Seventh International Conference on Machine Learning and Cybernetics*, (s. 2245-2250). Kunming.
- Hughes, T. P. (1984). Gropius, Machine Design and Mass Production. *Social Origin of Modern and Post Modern Architecture*, (s. 171-180). Berlin.
- Izsak, K., Terrier, A., Kreutzer, S., Strähle, T., Roche, C., Moretto, M., . . . Tomchak, D. (2022). *Opportunities and Challenges of Artificial Intelligence Technologies for the Cultural and Creative Sectors*. Brussels: Publications Office of the European Union.
- Khan, Y. A., Imaduddin, S., Singh, Y. P., Wajid, M., Usman, M., & Abbas, M. (2023, January). Artificial Intelligence Based Approach for Classification of Human Activities Using MEMS Sensors Data. *Sensors* 2023, 23(3), 1-25.
- Liu, F., Liu, J., Yin, Y., Wang, W., Hu, D., Chen, P., & Niu, Q. (2020). Survey on WiFi-based indoor positioning techniques. *IET Communications*, 1372-1383.

- Manzo, L. C. (2014). Exploring the Shadow Side Place Attachment in the Context of Stigma, Displacement and Social Housing. L. C. Manzo, & P. Devine-Wright içinde, *Place Attachment Advances in Theory, Methods and Applications* (s. 178-191). Routledge.
- Raposo, M., & Eloy, S. (2020). Customized Housing Design: Tools to enable inhabitants to co-design their house. *eCAADe 2020 Anthropologic-Architecture and Fabrication in the cognitive age Vol.1* (s. 67-76). Berlin: eCAADe.
- Rekimoto, J., Miyaki, T., & Ishizawa, T. (2007). LifeTag: WiFi-Based Continuous Location Logging for Life Pattern Analysis. *Third International Symposium, LoCA* (s. 35-49). Oberpfaffenhofen: Springer.

Üretim Sistemlerinde Sanal Prototipleme: Modüler Malzeme Kullanımı

AHSEN ZEYNEP DOĞANI¹, SEVİL YAZICI²

^{1,2}Istanbul Teknik Üniversitesi

¹dogana21@itu.edu.tr, ²sevilyazici@itu.edu.tr



Özet

Prototipler, malzeme sistemlerini, üretim yöntemlerini ve bunların kullanıcılarla etkileşimini test etmek için üretilen ilk örneklerdir. Ancak bu yöntemle “ideal” çıktıya ulaşmak her zaman görüldüğü kadar hızlı ve kolay değildir. Geleneksel prototipler, her değerlendirme sonucunda yapılan geri dönüşlere göre yeniden güncellenmekte ve bu doğrultuda yeniden üretilme aşamasına dönmektedir yani anlık müdahale yapılmasına izin vermemektedirler. Ayrıca süreç boyunca farklı üretim tekniklerini ve model davranışlarını test etmek için analog modelleme de dahil olmak üzere geleneksel yöntemler kullanılarak çeşitli prototiplerin üretilmesi gerekir. Bu denemeler hem üretim süresini hem de kullanılan malzeme miktarını arttırmaktadır. Bunlara ek olarak prototiplerin tasarım sürecinin sonunda üretilmesi geometri, malzeme ve üretim yöntemleri ile ilgili kısıtların ayrı ayrı değerlendirilmesine neden olmaktadır. Süreçlerin birbirinden kopuk ilerlemesi hem değerlendirme sürelerinin artmasına hem de paydaş etkileşiminin azalmasına sebep olmaktadır. Bu çalışmada, yaygın olarak kullanılan fiziksel prototipleme süreçleri değerlendirilmiş ve Sanal Gerçeklik (VR) kullanılarak dijital ortama aktarılması amaçlanmıştır. Bu doğrultuda prototipleme süreçlerini modüler malzemeler kapsamında ele alarak, tasarımdan üretime kadar olan tüm sürecin sanal ortama aktarılması üzerinde çalışılmıştır. Çalışmada kullanıcı/tasarımcı, sanal ortamı deneyimlerken hem geometrik hem de algoritmik modeller üzerinde çalışıp tasarım yapabilmektedir. Ek olarak, erken tasarım aşamasından itibaren çeşitli simülasyonlar VR ortamına dahil edilebilmektedir. Şu anda, yapısal ve çevresel performans simülasyonları modele dahil edilmiştir. Sonuç olarak, bu çalışmayla sanal gerçeklik ortamında prototiplerin iterasyonları üretilerek davranışları test edilebilmekte ve fiziksel olarak optimum çözümler üretilmektedir. Bu da hem zamandan hem de malzeme maliyetlerinden tasarruf sağlamaktadır. Çalışma kapsamında geometrik ve algoritmik modelleme ortamları sanal gerçeklik ortamı içerisinde kullanılmış ve kullanıcılar için bir deneyim ortamı oluşturulmuştur. Son aşamada çalışmanın deneyimlenerek yorumlanabilmesi

için bir vaka çalışması yürütülmüştür. Katılımcı olarak belirlenen tasarımcıların ortamı deneyimleyerek verilen çalışmayı tamamlaması ve daha sonrasında belirlenen kural setini kullanarak değerlendirme yapması beklenmiştir. Ayrıca çalışmayla ilgili kişisel görüşlerini de paylaşan tasarımcılar çalışmanın gelişmesi için katkıda bulunmuşlardır.

Anahtar Kelimeler: Algoritmik modelleme, Sayısal simülasyon, Geometrik modelleme, Hızlı prototipleme, Sanal prototipleme, Sanal gerçeklik

Virtual Prototyping in Production Systems: Use of Modular Materials

AHSEN ZEYNEP DOĞAN¹ , SEVİL YAZICI² 

^{1,2}Istanbul Technical University

¹dogana21@itu.edu.tr, ²sevilyazici@itu.edu.tr

Abstract

Prototypes are the first examples produced to test material systems, production methods, and their interaction with users. However, reaching the “ideal” output is not always fast and easy as it seems. Conventional prototypes are updated according to the feedback made at the end of each evaluation and return to the reproduction stage in this direction, not allowing instant intervention. In addition, various prototypes must be produced using conventional methods, including analog modelling, to test different manufacturing techniques and model behaviors throughout the process. These trials increase the production time and the amount of materials used. In addition, generating prototypes at the end of the design process causes the constraints related to geometry, materials, and production methods to be evaluated separately. The disconnection of processes from each other causes both an increase in evaluation times and a decrease in stakeholder interaction. In this study, widely-used physical prototyping processes are considered and transferred into the digital environment by using Virtual Reality (VR). This study aims to transfer the whole process from design to production to the virtual environment by discussing the prototyping processes with the scope of modular materials. In the study, the user/designer can work and design on both geometric and algorithmic models while experiencing the virtual environment. Additionally, various simulations can be included to the VR environment from the early design phase. Currently, structural and environmental performance simulations are incorporated into the model. As a result, the behavior of the prototypes can be tested by generating iterations of them in the VR environment, and only optimal solutions can be produced physically, which would save both time and material costs. Within the scope of the study, geometric and algorithmic modelling environments were used in the virtual reality environment, and an experience environment was created for the users. In the last stage, a case study was conducted to interpret

the survey by experiencing it. The designers determined that participants were expected to complete the given work by experiencing the environment and then evaluating using the determined rule set. In addition, the designers who shared their personal views on the work contributed to the development of the work.

Keywords: Algorithmic modelling, Digital simulation, Geometric modelling, Rapid prototyping, Virtual prototyping, Virtual reality

1. INTRODUCTION

Various stages should be accommodated in the design and production of an object or a building. Prototypes are the first samples produced so that multiple tests can be carried out. These prototypes are necessary for designers to evaluate the product, refine their designs, and develop it. They are used after determining the initial design requirements and creating the form during the conceptual design phase. Not only visual assessments but also tests related to the material and structural behavior, as well as user experiences, are considered. After evaluating the prototype, it is determined whether it meets the necessary criteria. The production phase starts if it is approved by meeting the design criteria. However, if the requirements are not met, the prototype will not be approved, and various updates may be required. In such a case, as seen in Figure 1, the process repeats itself cyclically (Zawadzki & Żywicki, 2016).

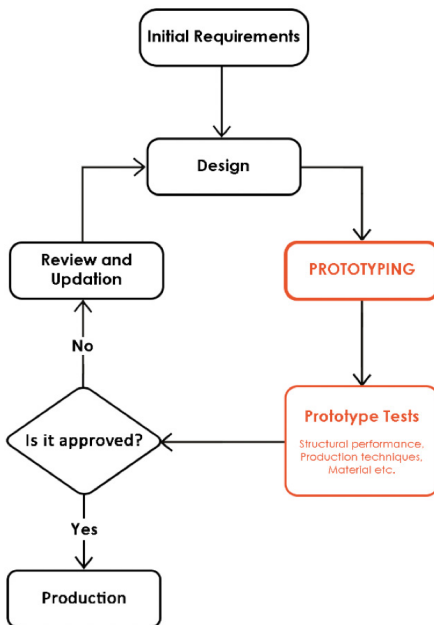


Figure 1: The place of prototyping in production processes (revised from Zawadzki & Żywicki, 2016)

In today's world, where production and consumption are very fast, it is a critical problem that physical production does not allow instant changes in the development stage. The increasing cost and loss of time due to reasons such as the need to reproduce the prototype after each evaluation, the disjointed progress of processes, and the inability of stakeholders to meet

on a common platform have led to a search for new methods in prototyping (Stark, et. al. 2017), Studies focused on rapid prototyping methods, tried to ensure that the functional properties of the designs were tested quickly by using digital fabrication methods. Although good results were obtained, they were insufficient because the prototypes differed from the initial production material. Therefore, they could not respond to all tests (Nguyen et. al., 2020). Virtual Reality (VR) can be used as a platform for interaction. However, design output is generally transferred to the virtual environments after the completion of its formal configuration. Interventions in the VR environment are mostly made by changing the model in the digital environment and updating the model in the VR environment accordingly (Wolf et al., 2017).

First of all, scale problems that we frequently encounter in the physical environment are no longer a problem for the designer in the virtual environment. In this way, the designer can model all aspects of the system. Having mastered all the system details, the designer will be able to focus on detail design by overhauling even small details. At the same time, through this environment, which allows the system to be examined in many different scales, the way for general visual and functional evaluations will be opened by leaving the details. With this environment, which will allow different features to be controlled simultaneously, the designer can see many options without engaging in a physical effort and be allowed to move more freely. Secondly, each design addresses other needs in itself. While some design is expected to be able to stand, other design may need to be durable. It is aimed that these tests, which were previously done in physical environments, are now carried out in the virtual environment and that the designer can produce instant solutions according to the results. In other words, it should allow general system performance simulations and material tests on model designs. Finally, many stakeholders are in the process while a design is being made. Interaction between stakeholders plays a significant role in the development of designs. From this point, the model should enable stakeholder interaction and create an interaction space between stakeholders. In this way, it is desired to reduce the workload of all stakeholders, shorten development times and increase productivity. The designs created this way will have a dynamic model feature that can be developed instantly. (Yıldız, et al. 2021). Three stakeholders, including the designer, user, and programmer, can meet on a common platform and conduct the process interactively with virtual prototyping (Chu et.al. 2017). The physical prototyping process takes place in four stages, including design, visualization, prototype, and performing tests on the prototype. Physical

prototypes enable many tests, such as visual, functional, user experience, and material tests. Many different prototype production methods are used to carry out the tests, and many prototypes are produced to test different features. These appear to be disadvantages, such as loss of time, increased cost, and waste of resources. Virtual prototypes aim to minimize the disadvantages of the physical environment.

Within the scope of the study, it was determined which features the virtual prototypes should contain. In this direction, the properties of the physical prototypes used in the present were examined. The idea that virtual prototypes should include all the features of physical prototypes and go even further has been emphasized. Firstly, primarily data related to design, visualization, modelling, and simulation systems were collected. It has been reviewed how existing systems can be adapted to each other with virtual platforms, ease of use, and simulation libraries. This study focuses on geometric and algorithmic modelling design applications that can allow one to experience a virtual environment. Afterward, a case study was conducted to test and develop the applicability of the study in line with this information.

2. METHODOLOGY

The methodology consists of three stages, including (1) module generation, (2) design generation, and (3) undertaking performance simulations. First, the modules are designed and transferred to the virtual environment. Then different geometric configurations are tested by using these modules. In the final stage, performance simulations, including structural and environmental performances, are incorporated into the model. According to the evaluation of the simulation results, the design can be revised by generating feedback loops.

VR is considered a dynamic environment that allows interaction. Rhinoceros and Grasshopper, geometric and algorithmic design interfaces are incorporated into the VR environment. MindeskVR plug-in is selected for this study due to increasing the interaction with the users, providing access to all interfaces without leaving the virtual environment, and not bringing an extra cognitive load to the designer (Figure 2).

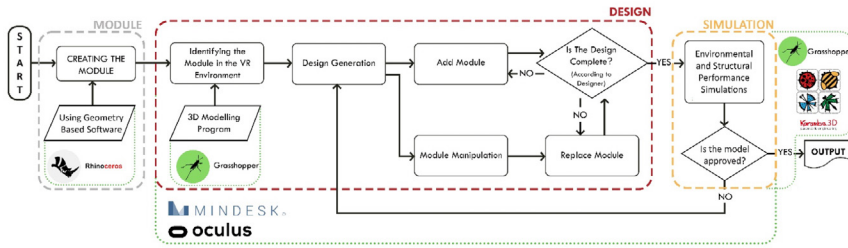


Figure 2: Workflow of the methodology

Following the application of the methodology, a case study and survey are undertaken for the users who completed the experiment based on Shneiderman's 8 golden rules to evaluate human-computer interaction (Shneiderman & Plaisant, 2010).

2.1. Module Generation

Within the scope of the study, the design of various units using modular materials and the testing of these units are studied. Firstly, the modular materials that they could use are introduced to the participating designers, and then they are expected to generate their designs within the framework of the determined rules. While designing the modular material used, the designer is asked not to be overly restricted. A stick module that allows joining from both ends is emphasized in this direction. The designer is expected to generate an output in the virtual environment using this previously determined module.

The module is basically a rectangular prism-shaped stick. The design is made by combining the modules with various combinations. Within the scope of the study, the structural properties of the sticks may vary according to the designer.

- The module allows connection from two endpoints (a and b), as seen in the image. (A)
- Connections can be made on four surfaces corresponding to the long surfaces of the sticks in the a and b sections of the modules (i, ii, iii, iv and -i, -ii, -iii, -iv). So, a module allows eight connections in total. (A)
- An unlimited number of modules can be added in various ways, such as being perpendicular or parallel to each other or establishing different angular relations. (B)

Limitations;

- Connections can be made in four directions at each of the ports on the modules. However, when a connection is made to one of the points, the direction option for the second one decreases. (C)

- If two sticks are joined wholly from upper and lower parts, no additional connections can be made in the adjacent surface. (D)

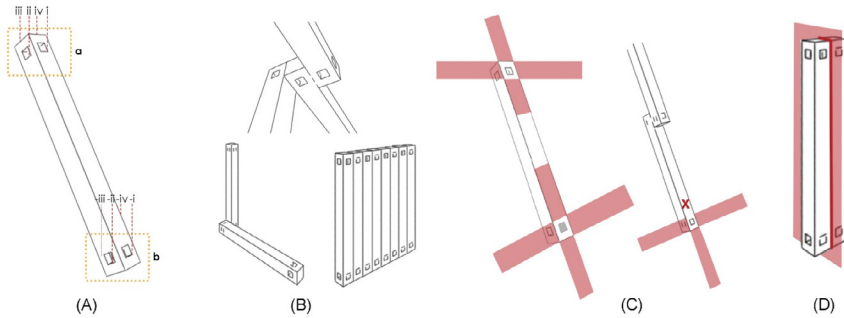


Figure 3: Limitations and rules of the joining modules

2.2. Design Generation

First, the module is created, then the general design. The user/designer is expected to design within the defined limitations and rules related to joining modules. The designer can control the output on three different panels.

First, the design can be developed using various commands provided by the Oculus Quest Controller. The designer can make changes to the existing units through this interface. In this panel, which does not have access to drawing tools, the existing units can be observed, and the units' locations, directions, and dimensions can be changed. In addition, the changes made can be undone thanks to this panel. Secondly, many different functions can be accessed, including designer drawing tools, thanks to the menu opened via the Quick menu button on the Oculus Quest Controller (Figure 4).

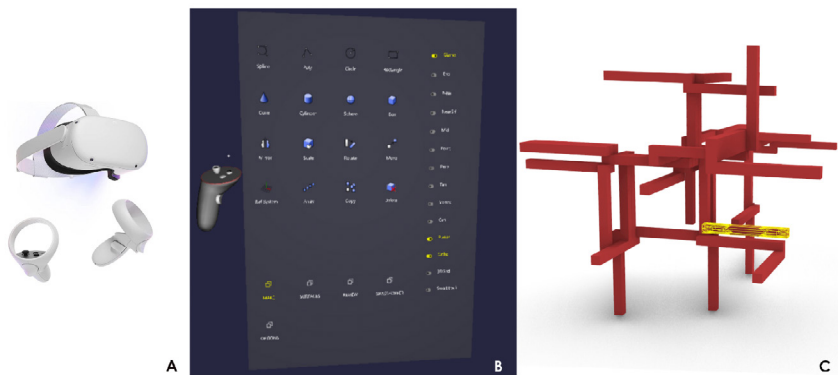


Figure 4: Oculus Quest 2 (A), The interfaces that the designer access in the VR environment with the Mindesk plugin (B) and 3D model translated into the geometric modelling environment (C)

The designer can perform many functions through this interface, such as sectioning, scaling, surface creation, and drawing tools. In addition, the designer can access algorithmic design modelling interfaces without leaving the virtual environment via the Quick menu (Figure 5). In this way, the user can work both in the geometric and algorithmic modelling environments without leaving the VR environment.

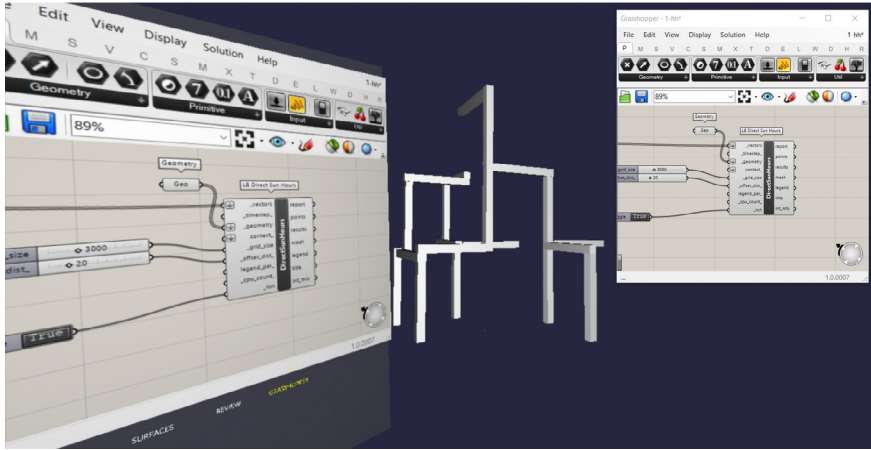


Figure 5: Algorithmic design modelling interface that the designer accesses in the VR environment

Finally, the designer can use the virtual and digital environments simultaneously by accessing the desktop directly without leaving the virtual environment. While using this interface, the designer can continue using digital media tools such as mouse and keyboard.

Users can control both geometric and algorithmic design environments. The changes can be made by adding the modules or adjusting the modules. Before proceeding to the simulation phase, the designer should have completed initial decisions related to the formal configuration. Afterward, feedback loops are generated among the formal outputs and the simulation results.

2.3. Undertaking Performance Simulations

During the simulation phase, designers are expected to instantly observe their products and evaluate them at various scales. The designer can use different performance algorithms, including environmental and structural performances, that can be used without leaving the virtual environment. A solar hour and structural performance analysis by finite element method are incorporated into the model using Ladybug and Karamba add-ons operated in the Grasshopper algorithmic modelling environment. By using these

algorithms, the designer, who tests the behavior of the prototypes, can instantly change the design output according to the simulation results and refine their designs and prototypes accordingly.

3. CASE STUDY

A case study was conducted within the scope of this study, which focuses on designing in a VR environment and testing the designs made under various conditions. In this study, it was worked with three designers. For the designers to experience the environment, the information about the computer programs used in the study, Rhino-Grasshopper, was questioned, and it was determined that the D1 was at the beginner level, and D2 and D3 had intermediate program knowledge. Afterward, it was stated that D1 and D2 of the designers whose virtual environment experiences were evaluated, will work with virtual reality for the first time. The D3 has previously experienced the virtual reality environment using Oculus Rift. In line with this, the designers were first given information about the work and then asked to design directly using the virtual environment. Afterward, the designer was asked to evaluate his work and the virtual environment. During the evaluation of the virtual environment, it was expected to make two types of evaluations quantitative and qualitative. To evaluate the user interface in the quantitative evaluation process, an evaluation was made on the 8 golden rules determined by Shneiderman for interface design (Shneiderman & Plaisant, 2010). This rule set is an intuitive assessment method centered on interfaces used for human-computer interaction. Within the framework of these rules, the consistency of the interface, usability, dialogue with the user, and process steps are evaluated. Qualitatively, the designers were expected to evaluate the positive and negative aspects of the study. This paved the way for the development of the study. During the survey, ideas were exchanged, and the improvement aspects of the study were also emphasized.

3.1. Virtual Environment

Within the scope of the case study, first of all, the module in the form of a rectangular prism and the limitations and rules of combining the module with other modules (pls. see Figure 4) were explained to the designers. The designers were asked to generate a modular design in the virtual environment using the described module (Figure 7). The designers were given half an hour for the study.

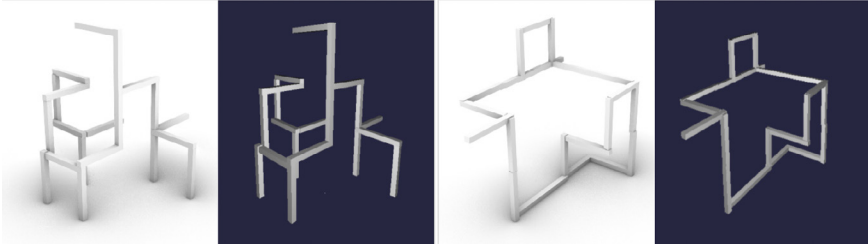


Figure 7: Perspective views of the designs created by D1 on the left and D2 on the right in the VR environment are shown

The designers who completed the period were expected to evaluate the design they made and test their models using the simulation algorithms they deemed appropriate to evaluate the design (Figure 8). Afterward, the designers updated their designs according to the incoming simulation results and completed the virtual part of the study.

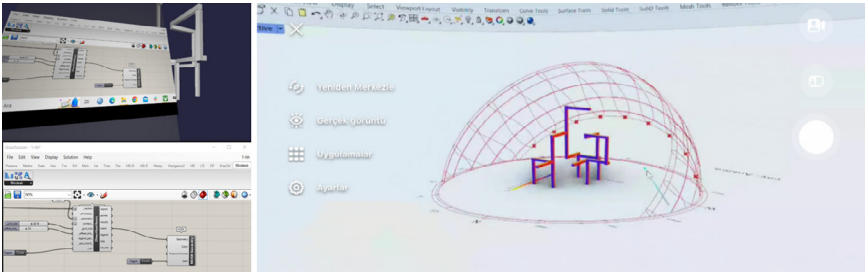


Figure 8: Solar hour analysis in the virtual environment

3.2. The Evaluation of the Environment

The designers, who completed their work, were asked to evaluate the virtual environment interface they used in two ways quantitative and qualitative. In addition to the quantitative evaluation made of Shneiderman's 8 golden rules, designers were asked to evaluate the positive and negative aspects of the environment. Within the scope of the quantitative evaluation questionnaire, the designers rated the relevant items on a scale of 1 to 5.

4. RESULTS AND DISCUSSION

The designers generally evaluated the interface they used as a useful and free environment. It has been said that the dominance of design has increased thanks to the virtual environment, and the 3D experience has changed the designer's perspective and created a good experience environment. Thanks to the easy interface, the designers could complete the work even though they did

not have high program knowledge.

On the negative side, the designers initially experienced adaptation problems as they went out of the environment they usually work in, but later stated that they adapted to the environment. Another negative evaluation was that while the environment seems very positive on the modular design scale, it was considered challenging as it turned toward complex designs. In addition, it has been stated that the reflection of the algorithmic modelling environment, which was used for simulation applications in the virtual environment, to the virtual environment was weak compared to the general study. Another negative aspect is that, as seen in the survey, the interface used in the study does not provide informative feedback. This situation causes the design to be disconnected from reality at some points (Table 1).

Table 1: Survey study with 8 Golden Rules of Shneiderman (2010)

	Golden Rules of Shneiderman	D1	D2	D3
1	Strive for consistency	4	5	4
2	Enable frequent users to use shortcuts - seek universal usability	5	4	5
3	Offer informative feedback	1	1	1
4	Design dialogs to yield closure	5	4	4
5	Offer simple error handling	5	4	4
6	Permit easy reversal of actions	5	4	5
7	Keep users in control	5	4	5
8	Reduce short-term memory load	5	5	5

5. CONCLUSION

Within the scope of this research, a study is conducted in the VR environment for the use of conceptual design and performance simulation. A workflow for modular designs defines this new environment. Different users evaluated the proposed environment in a case study, driven by Shneiderman's (2010) golden rules and by the personal opinions of designers.

The designers defined the working environment as easy-to-use, understandable, and flexible. Although the designers' ideas about the environment were generally positive, it has been stated that the environment could be challenging as the designs become more complex and the designer's time spent in the virtual environment increases. For the later stages of the study, the designers' feedback will be studied, and improvements will be made in this direction.

The study aims to use the virtual environments both for design and simulation

purposes by going beyond the wide use of the virtual environments restricted by interaction and experience. This environment, which was created by combining various applications and plug-ins without the need for frequent transitions between digital and virtual environments, will be further investigated. Future studies will focus on transferring complex geometries and simulation environments into the virtual environment.


Acknowledgement

We would like to thank the professors who contributed to the study, our families who supported us, and the designers who participated in the experiment.

REFERENCES

- Chu, Yingguang & Hatledal, Lars & Zhang, Houxiang & Æsøy, Vilmar & Ehlers, Sören. (2017). Virtual prototyping for maritime crane design and operations. *Journal of Marine Science and Technology*. 23. 1-13. [10.1007/s00773-017-0509-z](https://doi.org/10.1007/s00773-017-0509-z).
- Nguyen, B. V. D. (Alex), Vande Moere, A., & Achten, H. (2020). How to Explore the Architectural Qualities of Interactive Architecture - Virtual or physical or both? *Proceedings of the 38th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe (ECAADe) [Volume 2]*. <https://doi.org/10.52842/conf.ecaade.2020.2.219>
- Oculus Rift Setup | Oculus. (2019). Oculus.com. <https://www.oculus.com/rift/setup/>
- Shneiderman, B., & Plaisant, C. (2010). *Designing the user interface: Strategies for effective human-computer interaction*. Pearson Education India.
- Stark, R., Kind, S., & Neumeyer, S. (2017). Innovations in digital modelling for next generation manufacturing system design. *CIRP Annals*, 66(1), 169–172. <https://doi.org/10.1016/j.cirp.2017.04.045>
- Yıldız, Emre & Møller, Charles & Bilberg, Arne & Rask, Jonas. (2021). Virtual Prototyping: Evaluating the Digital Twin Based Virtual Factory for New Product Introduction. *Complex Systems Informatics and Modelling Quarterly*. 10.7250/csimq.2021-29.01.
- Wolf, K., Funk, M., Khalil, R.A., & Knierim, P. (2017). Using virtual reality for prototyping interactive architecture. *Proceedings of the 16th International Conference on Mobile and Ubiquitous Multimedia*.
- Zawadzki, Przemysław & Żywicki, Krzysztof. (2016). Smart Product Design and Production Control for Effective Mass Customization in the Industry 4.0 Concept. *Management and Production Engineering Review*. 7. [10.1515/mper-2016-0030](https://doi.org/10.1515/mper-2016-0030).

A Method for Computational Design and Fabrication of Adobe-Hemp Mixture

YAŞAR EMİR KARCI¹, SEVİL YAZICI² 

^{1,2}Istanbul Technical University


¹karci21@itu.edu.tr, ²sevilyazici@itu.edu.tr

Abstract

This research explores the potential of using adobe-hemp composite materials in the construction of long-span structures. The study begins by examining the mechanical properties of adobe-hemp composite materials, specifically the effects of different ratios and combinations of adobe and hemp on the compressive and flexural strength of the composite. An optimal proportion and distribution of hemp in the composite material is also identified. In the digital fabrication phase, two different mixture prescriptions of adobe and hemp are blended to create material prototypes. The computational design model used in this study involves three stages: conceptual design, analysis, and optimization. The “RhinoVault2” add-on operated at the “Rhino7 Grasshopper algorithmic modelling environment” is used for the early design process, allowing for the generation of a vault-like form from projected surfaces. The Finite Element Method (FEM) analysis, undertaken by the “Karamba3D” plug-in, is undertaken for detailed analysis, which includes the simulation of deformation, loads, and supports of the system with the parameters of material and environment. The results of this study suggest that adobe-hemp composite materials can be used in the construction of long-span structures with the aid of digital fabrication and computational design. This approach enables the optimization of the design process and the creation of complex and efficient structures that are sensitive to environmental factors. The results indicated that more clay and hemp fibers in the mixture increase the resilience and flexibility of the material produced. The study also highlights the need for further research on the long-term durability of adobe-hemp composite materials, particularly in relation to environmental factors such as moisture and temperature. Future studies could also explore the potential of using adobe-hemp composite materials in combination with other sustainable building materials to further enhance the performance and sustainability of construction practices.

Keywords: Adobe-hemp composite materials, Long-span structures, Structural analysis, Digital fabrication, Computational design, Sustainability

Kerpiç-Kenevir Karışımının Hesaplamalı Tasarımı ve Üretimine ilişkin bir Yöntem

YAŞAR EMİR KARCI¹, SEVİL YAZICI² 

^{1,2}Istanbul Teknik Üniversitesi

¹karci21@itu.edu.tr, ²sevilyazici@itu.edu.tr

Özet

Bu araştırma, uzun açıklıklı yapıların inşasında kerpiç-kenevir kompozit malzemelerin kullanım potansiyelini irdelemeyi amaçlamaktadır. Çalışma, kerpiç-kenevir kompozit malzemelerin mekanik özelliklerini, özellikle kerpiç ve kenevirten oluşan farklı oran ve kombinasyonların, kompozitin basınç ve eğilme dayanımı üzerindeki etkilerini inceleyerek başlamaktadır. Kompozit malzemede kenevirin en uygun oranı ve dağılımı da belirlenir. Dijital üretim aşamasında, kerpiç ve kenevirten oluşan iki farklı karışım reçetesi harmanlanarak malzeme prototipleri oluşturulur. Bu çalışmada kullanılan hesaplamalı tasarım modeli üç aşamadan oluşmaktadır: erken tasarım, analiz ve optimizasyon. “Rhinceros7 Grasshopper” algoritmik modelleme arayüzünde çalışan “RhinoVault2” yazılım eklentisi, erken tasarım süreci için kullanılmakta olup, yansıtılan yüzeylerden tonoz benzeri bir formun oluşturulmasına olanak tanınmaktadır. “Karamba3D” eklentisi tarafından yürütülen Sonlu Eleman Yöntemi, malzeme ve çevre parametreleri ile sistemin deformasyon, yük ve desteklerinin değerlendirmesini içeren ayrıntılı analiz için kullanılmaktadır. Bu çalışmanın sonuçları, kerpiç-kenevir kompozit malzemelerin hesaplamalı tasarım ve dijital fabrikasyon yardımıyla uzun açıklıklı yapıların yapımında kullanılabileceğini göstermektedir. İlgili yaklaşım, tasarım sürecinin optimizasyonunu ve çevresel faktörlere duyarlı, karmaşık ve verimli yapıların oluşturulmasını sağlar. Sonuçlar karışımdaki kil ve kenevir lifi kullanım oranlarının, üretilen malzemenin dayanıklılığını ve esnekliğini artırdığını göstermektedir. Bununla birlikte, çalışma, özellikle nem ve sıcaklık gibi çevresel faktörlerle ilgili olarak, kerpiç-kenevir kompozit malzemelerin uzun vadeli dayanıklılığı hakkında daha fazla araştırma yapılması gerektiğini de vurgulamaktadır. Gelecekteki çalışmalar kapsamında, inşaat uygulamalarının performansını ve sürdürülebilirliğini daha da arttırmak için

diğer sürdürülebilir yapı malzemeleriyle birlikte kullanım potansiyellerinin araştırılması öngörülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Kerpiç-kenevir kompozit malzemeler, Uzun açıklıklı yapılar, Yapısal analiz, Dijital fabrikasyon, Hesaplamalı tasarım, Sürdürülebilirlik

1. INTRODUCTION

The use of adobe as a building material continues till nowadays from ancient civilizations, with examples still standing today in regions such as the Middle East and South America. Adobe is a traditional building material made of clay, soil, and straw which has been used for thousands of years according to its availability and durability (Dawood et al., 2021, Alrashed et al., 2017). In recent years, the use of sustainable and eco-friendly materials in the architectural design and construction sector has gained increasing awareness due to environmental concerns besides economic and social benefits. One of the materials that has received growing interest is an adobe-hemp composite, a mixture of hemp and clay-based blend. This vernacular composite material has shown potential as a sustainable substitute for traditional building materials due to its low carbon footprint and ability to provide insulation and thermal regulation while also being cost-effective (Nguyen et al., 2019).

In the last decade, there has been an increasing interest in integrating adobe with hemp fibers to create a composite material that has the potential to fulfill the needs of construction technologies and architectural design as a sustainable building material. Hemp fibers are a renewable and eco-friendly material that has been used in the construction industry for their insulation properties, ability to regulate temperature and humidity levels, and versatility as a construction material (Ahmed et al., 2022). Research has shown that hemp fibers can improve adobe's compressive and flexural strength while also providing thermal insulation to buildings (Ramakrishnan et al., 2021). Furthermore, adobe-hemp composite has a lower carbon footprint than traditional building materials such as concrete. To achieve the desired material properties of the adobe-hemp composite, researchers have experimented with different ratios and combinations of adobe and hemp (Shahzad, 2011, Dhakal et al., 2020). In addition to the use of hemp fibers as a reinforcing material for adobe, the mixture ratios used in the composite also play a significant role in determining its mechanical properties and durability. Previous research has shown that the use of nano clay-cement composites as a binder can improve the interfacial bonding between hemp fibers and the matrix, leading to improved mechanical properties and durability of the adobe-hemp composite (Nugraha et al., 2022).

While there have been some studies on the addition of hemp to adobe in building technologies research, there is still a need for continued investigation into the potential of adobe-hemp composite as a sustainable building material. Additionally, further research is needed to investigate the optimal

combinations and ratios of adobe and hemp to achieve the desired material properties for structural applications. Although the combination of the mixture can be affected by environmental effects like humidity or precipitation, the adobe-hemp composite is able to adapt to different conditions without losing its integrity and structural capabilities. The use of adobe-hemp composite as a sustainable building material has the potential to offer a solution to many current environmental and economic issues (Lotus, 2022). The use of adobe-hemp composite also proposes an opportunity to reduce the environmental impact of traditional construction materials by restricting greenhouse gas emissions associated with production and transportation (Christoforou et al., 2016). Given the potential of adobe-hemp composite as a sustainable solution to many environmental and economic issues, further research is required to optimize its use for construction applications.

The use of computational design and fabrication techniques in the development of adobe-hemp composite materials are critical for achieving optimized properties and creating sustainable building solutions. Through the use of computer simulations, designers can arrange the physical and chemical properties of adobe-hemp composite materials to meet specific performance requirements. Computational design tools are diversified to achieve enough complexity to test and understand material properties in different forms and formations. This method can also be used to create complex shaped structures that may not have been possible with traditional construction methods.

This research aims to explore the potential of the computational design and digital fabrication of adobe-hemp mixtures as a vernacular composite material. In this process, the material properties and mixture prescription will be investigated. Then computational design and analysis tools will be operated to achieve an optimized solution. Lastly, the transition from the digital to the physical environment will be conducted with digital fabrication tools to achieve sustainability goals. The integration of material properties with digital design, analysis and digital fabrication tools are explained in the methodology section.

2. METHODOLOGY

The methodology consists of three main stages including (1) understanding material properties, (2) establishing the computational design model, and (3) digital fabrication and physical modelling (Figure 1).

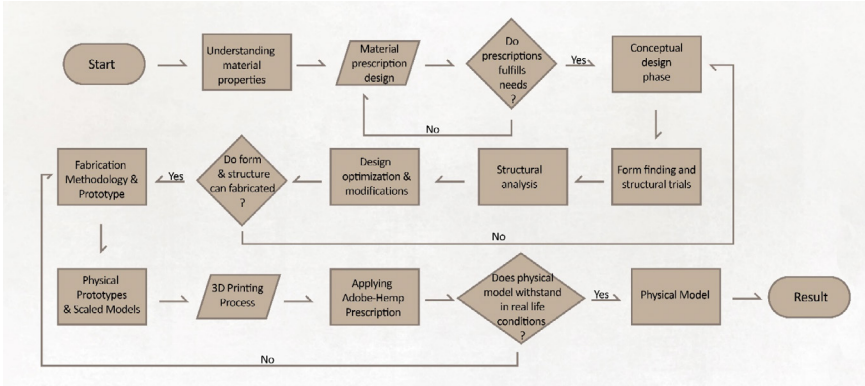


Figure 1: Workflow of the methodology

2.1. Understanding Material Properties

The development of adobe-hemp composite materials has been the subject of several studies. For instance, investigation of the effects of different ratios and combinations of adobe and hemp on the mechanical properties of the composite material. They found that the addition of hemp fibers improved the compressive and flexural strength of the composite, with higher ratios of hemp resulting in greater improvements in these properties (Alrashed et al., 2017). Similarly, the study of the properties of adobe-hemp composite materials with different proportions of hemp identified an optimum proportion and distribution for enhancing the mechanical properties of the composite material (Gioffré et al., 2021).

Before the digital fabrication phase, a need of material mock-up is necessary. In this process, two different mixture prescriptions are blended. To differentiate and understand the potentials of the hemp fibers the ratio in the mixture is alternated. To create standard mock-up experiment is created in the same volume and with identical materials in the same environmental conditions. As a standard 15 cm x 15 cm x 5 cm blocks are produced.

The first prescription contains a mixture of; 1.5 lt soil (450g), 600g clay, 1.5 m of hemp fibers, and 1.5lt water (1500g). As a first step, the 200g of clay was shredded into pieces and mixed with 150g of soil particles and 500g of water.

After this process, 0.5m of hemp fibers were mixed with hands. The process is repeated 3 times to make a blended humid mixture that can be shaped by hand. As a final process, the mixture is straightened up by a metal sheet to make a smooth surface without cracks and waited to dry. The density of the mixture is 2311.1 kg/m³ according to weight is 2600g and volume of 1125cm³. The second prescription contains a mixture of; 1.2 lt soil (360g), 900g clay, 3 m of hemp fibers, and 1.5lt water (1500g). As a first step, the 450g of clay was shredded into pieces and mixed with 180g of soil particles and 750g of water. After this process, 1.5 m of hemp fibers are mixed with hands. The process is repeated 2 times to make a blended humid mixture that can be shaped by hand. As a final process, the mixture is straightened up by a metal sheet to make a smooth surface without cracks and waited to dry. The density of the mixture is 2542.2 kg/m³ according to weight is 2860g and volume of 1125cm³ (Figure 2).



Figure 2: Production process of Adobe-Hemp prescriptions

After 2 days, the drying process is completed. 2 samples are removed from the molds and tested. 2 tests are applied to the sample mixtures: fragility test and dropping test. The first test is to understand the brittle behavior of the sample by opening a circular hole on the surface. While the circular shape penetrates through the surface the layers of adobe either disperse or become solid. For the sample experiments, the first prescription has a more brittle behavior than the second prescription. The second test is for understanding integrity. The standard 4m height is the standard height for this project. While the second sample has lost %15 of the total volume, the first sample has lost at least %30 of its total volume. After the application of these tests, it can be stated that more clay and hemp fibers in the prescription can increase the resilience and flexibility of the material produced.

2.2 Establishing the Computational Design Model

The process starts with the form finding process. The “RhinoVault2” program in “Rhinoceros7” is used to research structural form findings using the Thrust Network Analysis (TNA) approach to intuitively create and explore compression-only structures. The program aids in generating a vault-like form from projected surfaces. In that case, a 20m-to-20m surface has been selected to test the adobe vault within a long-span structure and unusual structural elements. The surface is divided through points to choose critical locations of the support and boundaries of the vault system. Right after critical points are generated the curves generate themselves with a percentage. The percentage not only informs the geometry but also affects the structural quality and limits. When this process and selection are done, the force diagram is created to show the structural loads on a 1-100 scale and identifies overload, it also, work as a pre-interface for structural quality. Horizontal and Vertical Equilibrium is applied to the final geometry to be produced. The final geometry works as mesh surfaces, furthermore, the height of the surface is generated according to the structural capabilities of the vault (Figure 3).

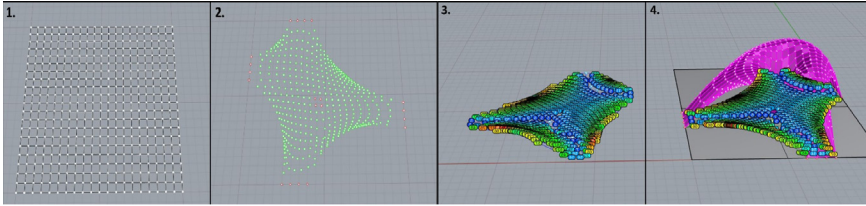


Figure 3: Form research & form finding phases in “RhinoVault2”

After the model generation steps the need for detailed analysis is necessary to understand material properties within the parameters of real environmental forces. The Finite Element Method (FEM) analysis undertaken by “Karamba3D” plug-in represents deformation, loads, and supports of the system with the parameters of material, environment. The analysis including model view has settings to measure deformation, reactions, loads, and supports. Moreover, the program marks the critical areas in the structural system that can be needed revisions in the thickness or overall form. Although the simulations and design process prove that the digital model will function in real life, it is not enough to build up (Figure 4).

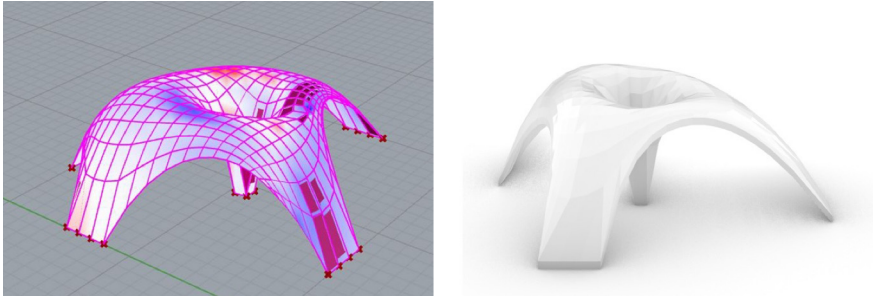


Figure 4: “Karamba 3D” structural performance analysis model and output of shell structure

The complexity level of surface tessellation is not optimized because of the randomness that comes “RhinoVault2” program itself. The divisions of panels are generated arbitrarily to define structural integrity. To achieve economic and simple tectonic features, the division of surface panels is needed to be optimized. Paneling Tool and Lunchbox are the main plug-ins to optimize and revise the surface. With the help of the Gaussian curvature calculations, the point on curves is relocated on the surface while divided with triangle panels to keep the smoothness of the surface.

Additional to the division of the surface, the thickness of the shell structure is revised, and extrusion of the surface is determined by structural parameters. After all those speculations on the digital model, the final structure was again analyzed with “Karamba3D” to prove the final form.

2.3 Fabrication and Physical Modelling

When the design and optimization are finalized, the prototyping process is undertaken. To test the composite material, material mixtures are produced. The prototyping process starts with the 3D printing process. The printing settings are set up according to the needs of the detail level of the model. The printing quality, wall thickness, infill, support density, speed, and heat levels are identified. The “Creality CR-10S5” 3D printing machine is used during the printing process according to achieve precision. The complete printing process takes 8 hours to finish. The 1/100 model prototype and 1/10 partial parts are printed as early trials. The trials give initial ideas about how the product will be produced (Figure 5).

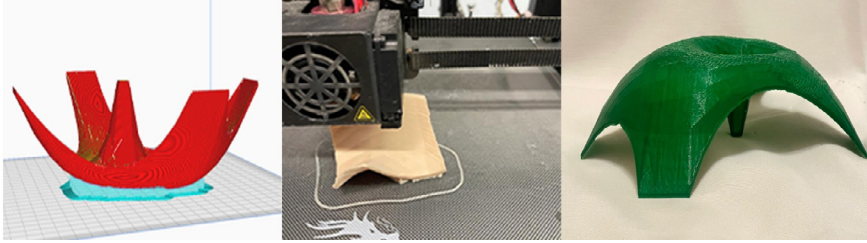


Figure 5: 3D printing of the shell structure

The fabrication of a partial 1/1 prototype is aimed to test the structural quality of the real-life model. For production, the recipes are identified and differentiated to compare and contrast the material quality. The transition from virtual to the real life of an unusual form of adobe-hemp vault needs specific solutions for fabrication. In the first phase, the creation of a homogenous blend of adobe-hemp composite is important to achieve an internal structure of the material. Proper mixing movements are necessary to achieve most of the structural pieces in one bash. Right after the mixture the blend can be poured into several same molds. To differentiate each and every piece a subtractive strategy can be adopted. The semi-dried shapes are easily cut by wires to be shaped. Practices of adobe-hemp which includes sub-particles can be fabricated with this method (Figure 6).

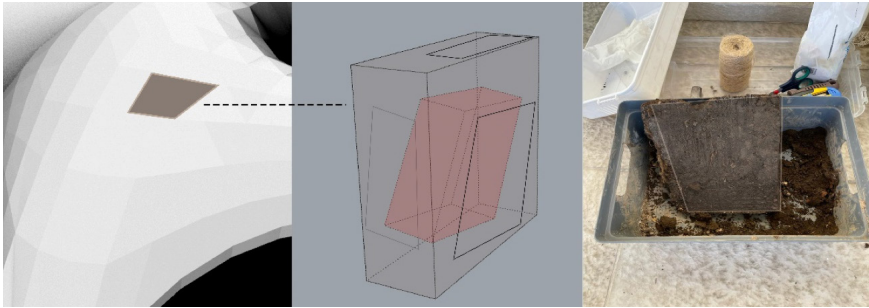


Figure 6: Cutting pattern and sample panel

3. RESULTS AND DISCUSSION

After brittleness and drop tests were performed, it was observed that the adobe-hemp composite material with higher clay and hemp fibres ratio in the second recipe showed higher strength and flexibility than the first recipe. These results show that the addition of more clay and hemp fibres can improve the mechanical properties of the adobe-hemp composite material.

The computational design model was generated by using RhinoVault2 and Karamba3D plug-ins to create and analyze the form and structure of an adobe-hemp composite vault system. The FEM analysis conducted using Karamba3D plug-in underlined the feasibility of the digital mode. The simulation results identified the critical areas in the structural system that needed revisions in thickness or overall form. The adobe-hemp composite materials can be effectively used in creating large-scale structures with long spans with pre-designed structural elements.

The fabrication and construction process involved the use of a wire to fabricate the pieces for the vault made out of the adobe-hemp composite material. The adobe-hemp composite material was relatively fast and easy to mold, as well as being structurally stable. The construction process involved the assembly of the formwork, the placement of the adobe-hemp composite material, and the removal of the formwork. The final structure was found to be stable and able to support its own weight without any additional support.

4. CONCLUSION

In conclusion, the adobe-hemp composite material offers a sustainable solution for building materials that can improve the mechanical properties of structures while being environmentally friendly. The research focused on the use of adobe-hemp composite material to create an efficient and structurally stable vault system.

The research findings showed that higher clay and hemp fiber ratios in the adobe-hemp composite material can improve its mechanical properties, making it stronger and more flexible. Additionally, the study demonstrated that computational design models and FEM analysis can be used to optimize the form and structure of adobe-hemp composite systems prior to construction, improving overall efficiency and stability. Furthermore, the fabrication and construction process of adobe-hemp composite material proposes to be relatively fast, easy to mold, and structurally stable. Therefore, this material has the potential to change construction practices by providing a cost-effective, environmentally friendly alternative to conventional building materials. Moreover, the adobe-hemp composite material provides an opportunity to promote sustainable practices in the construction industry.

REFERENCES

- Ahmed, A. T., Islam, M. Z., Mahmud, M. S., Sarker, M. E., & Islam, M. R. (2022). Hemp as a potential raw material toward a sustainable world: A Review. *Heliyon*, 8(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08753>
- Alrashed, F., Asif, M., & Burek, S. (2017). The role of vernacular construction techniques and materials for developing zero-energy homes in various desert climates. *Buildings*, 7(4), 17. <https://doi.org/10.3390/buildings7010017>
- Christoforou, E., Kylili, A., Fokaides, P. A., & Ioannou, I. (2016). Cradle to Site Life Cycle Assessment (LCA) of Adobe Bricks. *Journal of Cleaner Production*, 112, 443–452. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.016>
- Dawood, A. O., Mussa, F. I., Khazraji, H. A., Ulsada, H. A., & Yasser, M. M. (2021). Investigation of compressive strength of straw reinforced unfired clay bricks for sustainable building construction. *Civil and Environmental Engineering*, 17(1), 150–163. <https://doi.org/10.2478/cee-2021-0016>
- Dhakal, H. N., Ismail, S. O., Beaugrand, J., Zhang, Z., & Zekonyte, J. (2020). Characterization of nano-mechanical, surface and thermal properties of hemp fiber-reinforced Polycaprolactone (HF/PCL) Biocomposites. *Applied Sciences*, 10(7), 2636. <https://doi.org/10.3390/app10072636>
- Gioffré, M., Vincenzini, A., Cavalagli, N., Gusella, V., Caponero, M. A., Terenzi, A., & Pepi, C. (2021). A novel hemp-fiber bio-composite material for strengthening of arched structures: Experimental investigation. *Construction and Building Materials*, 308, 124969. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124969>
- Lotus, J. (2022, September 17). *Field to shelter: Adobe-Hemp Casita Project*. HempBuild Magazine. Retrieved April 1, 2023, from <https://www.hempbuildmag.com/home/hag7udggy18oi3tmble7q3ngdiogt>
- Nguyen, A. T., Truong, N. S., Rockwood, D., & Tran Le, A. D. (2019). Studies on sustainable features of vernacular architecture in different regions across the world: A comprehensive synthesis and evaluation. *Frontiers of Architectural Research*, 8(4), 535–548. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2019.07.006>
- Nugraha, A. D., Nuryanta, M. I., Sean, L., Budiman, K., Kusni, M., & Muflikhun, M. A. (2022). Recent progress on natural fibers mixed with CFRP and GFRP: Properties, characteristics, and failure behaviour. *Polymers*, 14(23), 5138. <https://doi.org/10.3390/polym14235138>

- Ramakrishnan, S., Loganayagan, S., Kowshika, G., Ramprakash, C., & Aruneshwaran, M. (2021). Adobe blocks reinforced with Natural Fibres: A Review. *Materials Today: Proceedings*, 45, 6493–6499. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.377>
- Shahzad, A. (2011). Hemp fiber and its composites – A Review. *Journal of Composite Materials*, 46(8), 973–986. <https://doi.org/10.1177/0021998311413623>

VR Ortamlarında Araştırma Yörüngelerini Keşfetmek: Uzamsal Yetenek ve Mevcudiyet Üzerine Sistemik Bir İnceleme

MERVE TAŞDELEN¹, DERYA GÜLEÇ ÖZER², AYŞEGÜL AKÇAY KAVAKOĞLU³

^{1,2,3}Istanbul Teknik Üniversitesi

¹tasdelenm20@itu.edu.tr, ²dgulec@itu.edu.tr, ³akcaykavakoglu@itu.edu.tr


Özet

Sanal ortamlar, araştırmacılara deneysel koşulları ve protokol çalışmalarını standart hale getirmek için bir platform sağlar. Araştırmacılar, bilişsel araştırma alanlarında belirli konuları araştırmak için sanal gerçeklik ortamını kullanabilir çünkü görsel ve işitsel sinyaller, sosyal ve davranışsal alanlarda görev parametreleri gibi çeşitli yönlerin manipülasyonu gerçek ortamda olduğundan daha kolaydır. Bu nedenle bu alanda prospektif çalışmaların sayısı her geçen gün artmaktadır. Davranış bilimi, tasarım bilişi bağlamında tasarım süreci ile ilişkili olarak incelenmekte olup, son yıllarda oyun tasarımı araştırmalarında uzamsal biliş ile ilgili olarak ön plana çıkmaktadır. Sanal Gerçeklik(SG) ortamında çalışılan uzamsal biliş araştırma alanları incelendiğinde, öğrenme, gezinme ve sosyal etkileşimin baskın olduğunu ortaya koymaktadır. Artan görüntü kalitesi, dokunsal geri bildirimler ve sensör teknolojileri ile mekân illüzyonunu ve içine daldırmayı artıran SG başlıklarının geliştirilmesiyle mevcudiyet kavramı önem kazanmaktadır. Literatürün bu kapsamda incelenmesi, sanal gerçeklik ortamlarının gelişimini uzamsal biliş çalışmaları bağlamında incelenmektedir. Literatür taraması, mekânsal mevcudiyet kavramının bu alanda daha az ilgi gördüğünü ortaya koymuştur. Bu nedenle konunun yıllar içindeki gelişimi ayrıntılı olarak ortaya konulmaya çalışılmıştır. SG ortamlarında uzamsal yetenek ve mevcudiyet arasındaki ikili bağlantının ilişkisi, veri madenciliği yöntemleri kullanılarak araştırılmaktadır. Bu çalışmada veri madenciliğini kullanmanın motivasyonlarından biri, sistematik incelemeye yeni bir bakış açısı kazandırmaktır. Bu çalışma kapsamında Scopus ve Web of Science veri tabanları oluşturulan ana konu ve yan konseptleri içeren kelime dizileriyle aramalar yapılarak literatürdeki çalışmalar bir dosyada derlenmiştir. Derlenen çalışmaların özetleri, Rapidminer uygulaması kullanarak kelime bazında ilişki kuralları çıkarılmıştır. Yıllar geçtikçe çalışmaların azaldığı, araştırmacıların

araştırma yöntemini değiştirmeyi tercih etmiş olabilecekleri, bazı kelimelerin literatürde kullanımının artması, araştırmalar kapsamında bazı testlerin yapılmış olabileceği elde edilen tek tek okunması yerine otomatize edilip elde edilen sonuçlar üzerinden taramaya gidilmesi önerilmektedir. Bu alışma kapsamındaki makale sayısının az olduğu düşünülürse, bu yöntemle çok daha kapsamlı literatür taramalarının zaman kazandıracadığı, geleceğe yönelik tahminlerde bulunmada başarılı olabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Uzamsal yetenek, Uzamsal varlık, Veri madenciliği, Sanal gerçeklik, Sanal gerçeklik oyunu

Exploring the Research Trajectories in VR Environments: A Systematic Review on Spatial Ability and Presence

MERVE TAŞDELEN¹ , DERYA GÜLEÇ ÖZER² , AYŞEGÜL AKÇAY KAVAKOĞLU³ 

^{1,2,3}Istanbul Technical University

¹tasdelenm20@itu.edu.tr, ²dgulec@itu.edu.tr, ³akcaykavakoglu@itu.edu.tr

Abstract

Virtual environments provide researchers with a platform for standardizing experimental conditions and protocols. To investigate specific research concerns on behavioral studies, researchers may use a virtual reality environment because the manipulation of various aspects, such as visual and auditory signals, social interactions, and task parameters are easier than in a real environment. For this reason, the number of prospective studies in this field increases daily. Behavioral science has been studied in the context of design cognition in relation to the design process, in recent years, it has gained prominence in relation to spatial cognition in game design research. Examining the spatial cognition research areas studied in the VR environment reveals that learning, navigation, and social interaction predominate. The notion of presence has gained importance with the VR headsets development which increase the place illusion and immersion with the increased display quality, haptic feedback, and sensor technologies.

This comprehensive review of the literature examines the development of virtual reality environments in the context of spatial cognition studies. The literature review revealed that the concept of spatial presence has received less attention in this field. For this reason, an effort has been made to present the subject's treatment over the years in detail. The current of dual link between spatial ability and spatial presence in virtual reality environments is investigated using data mining methods. One of the motivations for using data mining in this study is to give the systematic review a new perspective. Within the scope of this study, a file of research articles from the scientific literature

was compiled by searching the Scopus and Web of Science databases with word strings comprising the main topic and subthemes. Using the Rapidminer application, the abstracts of the compiled studies and the word association rules criteria were created. This field's prime age of research occurred in the 10s. This may hinge on the headsets' technological progress. It is possible that the number of studies has decreased over the years, that researchers may have opted to change their research methods, that the use of certain words in the literature has increased, and that some tests (pre-post) may have been conducted within the scope of research. Instead of manually reading the results, it is possible to automate and scan the databases. Taking into account the small number of articles within the scope of this study, it should be noted that more exhaustive literature searches using this method will save time and result in accurate future predictions.

Keywords: Spatial ability, Spatial presence, Data mining, Virtual reality, Virtual reality game

1. INTRODUCTION

The integration of virtual reality tools into daily life has accelerated through technological developments, especially with the marketing strategies gaming. Virtual Reality (VR) headsets used in research laboratories in the 90s have become one of the technologies accessible to society within two decades. Accordingly, the virtual environment, which was questioned through the concepts of simulation, representation, and reality, started to be questioned through the sense of existence with the increase in experiences in the virtual world. While the sense of presence in these environments is being studied through the definition of reality in terms of cognition, perception and ability/skill issues have started to gain importance, especially for design-oriented research areas.

Virtual reality technologies can potentially improve spatial ability and provide spatial awareness through immersive and interactive experiences. In this context, it is crucial to investigate the concepts of spatial abilities and spatial presence and the relations of these concepts in the virtual reality environment within the scope of cognition and game development matters. Virtual environments provide a unique opportunity to study spatial capabilities because of their ability to manipulate objects in a controlled and configurable environment.

While behavioral science has been being studied in the context of design cognition in relation to the design process, design thinking, and design education, it has started to come to the forefront concerning spatial cognition in game design research in recent years. Game design in virtual environments is a multidisciplinary field. The production of virtual spaces in game design is directly related to architectural design. The production of this environment includes different approaches in terms of architectural methods. Architectural spaces are designed within the framework of the game's qualification/essence and needs. As the study of developments in VR games occurs in multidisciplinary areas, it can potentially reveal unexplored spatial relationships from both cognitive and architectural frameworks. The measurement of the spatial quality of the games developed in this context is also related to the spatial presence matters. The created environment can be transformed through the concept of presence and the game environment can be developed to support this.

This study examines the trajectory of virtual reality environments in the context of spatial cognition research through a systematic literature review methodology. The state of the dual relationship between spatial ability and

spatial presence in VR game environments is examined using data mining methods. Revealing the fields and methods of researching the relationships is essential to identify gaps in the field and potential future research areas. The relationships of the resulting literature data will be mapped and visualized, and research trajectories will be represented on a diagram. The visualization of literature data will serve as input for future studies at the intersection of architecture, virtual reality, gaming and spatial cognition.

Table 1: The structure of search terms identified from the literature.
(Source: authors)

Table 1. Structure of search terms				
domain	independent variable	dependent variable	intervention	targeted subskills
design	diff. media types	presence	game development	spatial visualization
cognition	dif. mediated environment	immersion	SP test development	spatial orientation
education	gender	cybersickness	HMD vs. Desktop	spatial relation
gaming	game experience	enjoyment	diff. SP Tests	perspective taking
	sound & video quality	interaction time	diff. media types	navigation
				mental imagery

2. THEORETICAL BACKGROUND

2.1. Virtual Environments

“Virtual” is typically defined as an adjective that suggests something is almost accurate or considered valid. The current definition of virtual reality (VR) is an artificial environment, experienced through sensory stimuli provided by a computer. This definition can be applied to various activities. Still, modern VR typically refers to experiences that take place while the user is donning a head-mounted display or headwear (Coyne et al., 2019). In computing, virtual objects are generated to mimic natural objects found in the physical world. Virtual environments are computer-generated representations of either real or imaginary worlds. These digital environments are designed to replicate the appearance and behavior of physical environments, allowing users to interact with them as they would interact with the real world. Virtual Environment (VE) delivers more precise and comprehensive spatial information than

previous virtual environments, such as computer screens and augmented reality settings. This technological innovation may enhance viewers' spatial awareness, resulting in more precise mental representations.

The use of virtual reality technology has expanded across various fields, including entertainment (Arrighi et al., 2021), gaming (Seibert & Shafer, 2017; Toth et al., 2020; Roij, 2021), education and learning environments (Chang et al., 2017; Bilgin & Thompson, 2021; Breves & Stein, 2022), and military training (Bhagat et al., 2016). These domains, variables, and interventions can be examined in Table 1 below. Virtual reality allows users to experience situations that may be dangerous, costly, or unfeasible to experience in real life. This technology can simulate medical procedures, military training exercises, or even travel to remote or inaccessible locations. For instance, VR can provide a realistic simulation of an operation or take users on a virtual trip to a distant location.

2.2. The Development of Headsets

A virtual reality headset is a new form of human-machine interaction that transcends the keyboard, mouse, and even the touch screen. With the developments of Oculus Rift headsets, instead of relying on a mouse or analogue stick to control your view in a game, the head tracker continuously analyzes the player's head movement and uses it to control the view. This creates a completely natural method of observing the environment, a crucial element of immersion (Desai et al., 2014).

Google Cardboard, Google Daydream, Oculus Quest 2, and HTC Vive are virtual reality headsets. To enhance the immersion and provide place illusion as Slater mentioned in 2009, the headset should provide high-quality computer-generated visual data and precise head and body tracking. In March 2014, Facebook announced Oculus and released Oculus Rift in 2015 (Meta, n.d.). HTC Vive headset and community were awarded in 2015 when they just release their first headsets (HTC VIVE, 2015). Recent advancements in video card technology have made it possible to create VR headsets with high-resolution visual displays (Coyne et al., 2019). For instance, Meta recently released an update for their headsets that can identify your hand even when the remote controller is disconnected. These developments lead to behavioral studies in VR Environments.

2.3. Spatial Ability Studies in VR

Spatial skills refer to a range of cognitive functions that allow individuals to comprehend, remember, and manipulate spatial information and relationships

in space. According to Gardner (2011), spatial skills are crucial for successfully managing cognitive tasks, such as imaging and reasoning about changes in spatial positions.

These skills are very crucial for many domains and occupations. The former studies that investigate spatial ability in the VR environment focused on navigation and wayfinding (Chen, 1995; Areke et al., 2022), perspective-taking ability (Chang et al., 2017), spatial visualization (Guzsvinecz et al., 2022), mental cutting (Chang et al., 2017), compatibility and the possibility of teaching spatial abilities (Ben-Zeev et al., 2020).

2.4. Spatial Presence Studies in VR

The sense of occupying a virtual space while mentally being a part of the virtual world might be described as “presence” (Cummings & Bailenson, 2015). The immersion in the Virtual Environment (VE) may result in presence, defined as a feeling of “being there” (Slater et al., 1994). Although presence may be studied in three subcategories: physical presence (spatial presence), self-presence, and social presence (Lee, 2004), we concentrated on spatial presence.

Coxon et al. investigate the link between spatial ability and spatial presence by using a computer-mediated environment and HMD in 2016 and found that self-report measures were associated with spatial presence, while objective testing was not, as Hartmann et al. clarified while developing SPES Questionnaire in 2016.

2.5. Behavioral studies in VR

To investigate the influence of the surroundings or intervention on behavior, researchers prefer to set up a simulation to avoid losing money (Shwabel et al., 2008) or because it may be difficult to control outside the lab (Ledoux et al., 2013). Mockups, sketches, photographs, models, and immersive virtual environments (IVEs) are examples of potential simulations which can be controlled environmental by manipulation examples (Neo et al., 2021).

Researchers may immerse individuals in fictitious environments and explore their reactions to controlled environmental alterations with VR. The benefits of virtual reality as a tool for social science research were anticipated by Blascovich and colleagues as early as 2002.

Behavioral research, such as investigating avoidance behavior (Binder and Spoomaker, 2020) and diagnostic assessments are conducted in a virtual reality environment Maneuvrier and Westermann studied whether personal characteristics influence the perception of presence in virtual reality (2020). There are diverse perspectives on gender factors in terms of VR game

experiments. Although some researchers contend that gaming experience and geographical presence have no correlation and no impact (Bilgin & Thompson, 2022), others have shown the effect via their trials.

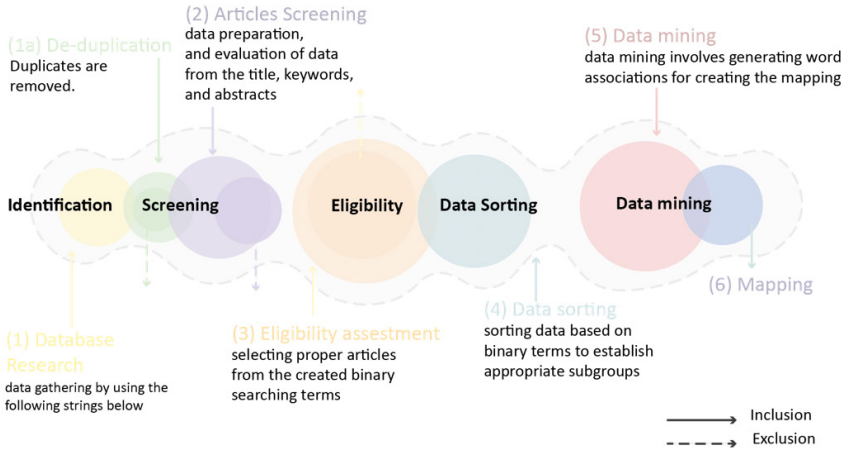


Figure 1: The phases of the cross-disciplinary evaluation
(Source: authors)

3. METHOD

To reveal the trajectories in the literature, the cross-disciplinary evaluation method was adopted as co-word mapping via data mining (Yazar&Uysal,2017; Yakut & Kavakoğlu, 2022). The study contains six phases, (1) identification, (2) screening, (3) eligibility assessment, (4) data sorting, (5) data mining, and (6) mapping. High-order databases Scopus and Web of Science are used for data gathering by using the following strings below which are divided into notions. The reference management software Zotero was used to re-organize all selected citations during the screening phase while(2) data preparation, selection and evaluation from the title, keywords, and abstracts. Eligibility assessment covers selecting proper articles from the created binary searching terms and after this phase, the data is sorted on binary terms to establish appropriate subgroups. According to the revealed subgroups word associations are generated via data mining to create the ingredients of mapping. Keyword analysis and data mining techniques highlighted the discrepancies and absences in the relevant literature on the spatial ability, spatial presence and VR gaming phrases. Figure 1 depicts the procedures for the structure of the study.

3.1 Search Strategy: Identification and De-duplication

As shown in Table 2, we organized our search phrases into three string categories that correspond to the different facets of our study issue. In general, search phrases were used for titles, keywords and abstract fields, and the largest date range allowed by each database was utilized. Where feasible, only English results were returned in search results. A total of 55 items were collected, 16 articles gathered from Scopus and 39 articles from Web of Science for phase 1 as an identification part. 16 articles have been removed in the de-duplication so far.

As shown in Figure 2, Search 1 contains string 2 and string 3 which will show relations between spatial presence and VR gaming, Search 2 contains string 1 and string 3 which will show relations between spatial ability and VR gaming, Search 3 contains all the strings and interdisciplinary areas for VR game industry. Figure 2 also illustrates the number of published articles in two databases in 2023 of March proportionally with the diameter of the circle according to database scanning of concepts.

Table 2. the strings combination for databases.

	keywords	synonyms	← or → broader terms	narrower terms
↑ string 1	spatial ability	spatial skill spatial aptitude	spatial capability spatial relation performance	spatial orientation spatial relation mental imagery mental rotation
↑ string 2	spatial presence	presence telepresence**		
↓ string 3	VR game	virtual reality game artificial reality game	VR game environment gaming environment virtual worlds virtual environment	

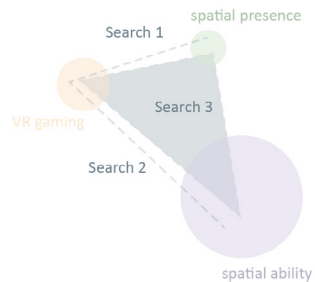


Table 2: The strings combination for databases (left)

Figure 2: The illustration of the number of articles found in searches in Web of Science (right). (Source: authors)

3.2 Screening and Eligibility

In the word group queries conducted on the databases, 33 articles were eligible after 7 articles were removed due to the irrelevant research areas. This elimination part contains subjects such as the medical and psychological studies. 33 articles that remained are 23 from Web of Science (WoS), and 10 articles from Scopus. These articles were published between 1996 and the present. Most of them are associated with engineering, technology, psychology, and architecture. These articles were stored in an Excel file with the year, title, keywords, and abstracts, and then these two databases' articles were merged.

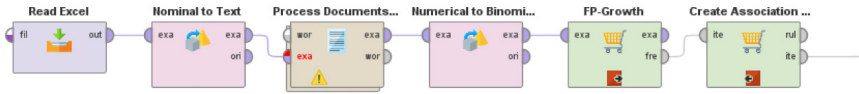


Figure 4: The steps of the process of the association rules in Rapidminer.
(Source: authors)

WOS database contains more articles about the subject than Scopus, respectively 23 and 10. In the past five years, fewer articles have been written about this topic, 20 articles before 2018 and 13 articles after 2018.

3.3 Data Sorting and Data Mining

We begin by uploading the articles collected into the Rapidminer data mining application with the Read Excel command which provides scanning data from the Excel file and sorting them through the frequency of occurrence in the abstracts. In the third step, depicted in Figure 4, the data are pre-processed. This phase may consist of data purification, tokenization, stop word removal, and stemming. These stages aim to reduce noise in the dataset and convert it to a more functional format for data mining operations. In order to conduct a co-word analysis to provide data sorting, it is necessary to establish an association rule. The association rule is a method for identifying patterns of relationship between words or phrases in a corpus of text (Yakut & Kavakoğlu, 2022). In the fifth step, Rapidminer analyses extracted words from the Excel table to find significant patterns. The application found 172 significant association rules by using FP-Growth which is an algorithm to find out common patterns determined by pattern fragment growth. In the association rules, the highest and the most meaningful word combinations are set as rules to investigate the literature to reveal trajectories by authors' selection.

Table3: Association rules comparison chart and overall support values through decades
(Source: authors)

association rule no	term groups	support values	90's	00's	10's	20's
r1	presence - virtual - environment	0.727	1	4	13	5
r2	presence - virtual - spatial	0.697	1	4	12	4
r3	presence - virtual- results	0.545	1	2	8	3
r4	presence - environment - spatial	0.545	1	4	11	4
r5	presence - environment- result	0.515	1	2	9	3
r6	presence - virtual- reality	0.485	0	0	10	5
r7	presence - virtual - stud*	0.424	0	3	8	5
r8	presence - virtual - participants	0.424	0	3	10	1
r9	presence - virtual - performance	0.394	0	3	10	1
r10	presence - environment - reality	0.394	0	0	9	5
r11	presence - virtual - environment - result	0.515	0	0	9	5
r12	presence - virtual- environment- spatial	0.545	1	4	11	4
r13	presence - virtual- environment - task	0.364	1	4	6	0
r14	presence - virtual - environment - participant	0.364	0	3	8	1
r15	presence - virtual - spatial - performance	0.333	1	4	5	0

3.4 Review: Mapping the Trajectories

The support metric quantifies the frequency in a given set of items that appears in a dataset. Therefore, the greater the support value of an item set, the greater the occurrence of that item set in datasets. Moreover, the lift metric indicates not only the frequency in which an item set is viewed, but also its uniqueness relative to other item sets. We will mainly focus on support and lift values to compare the rules in the given data sets to find out trajectories about the cognitional studies in VR environments to reveal the trends and possible gaps in the literature containing connections between VR gaming environments and spatial cognition. If we examine Table 3, we find there may be interesting connections and tendencies among the three keywords “presence,” “virtual,” “environment” and “spatial.” “Presence” and “virtual” are frequently associated with virtual reality and augmented reality technologies. In addition to that, phrasal co-words such as participant, result, performance and study are more prevalent. Based on this, we can conclude that investigations in this

field are conducted with a study and an endeavour is made to contribute with participant data.

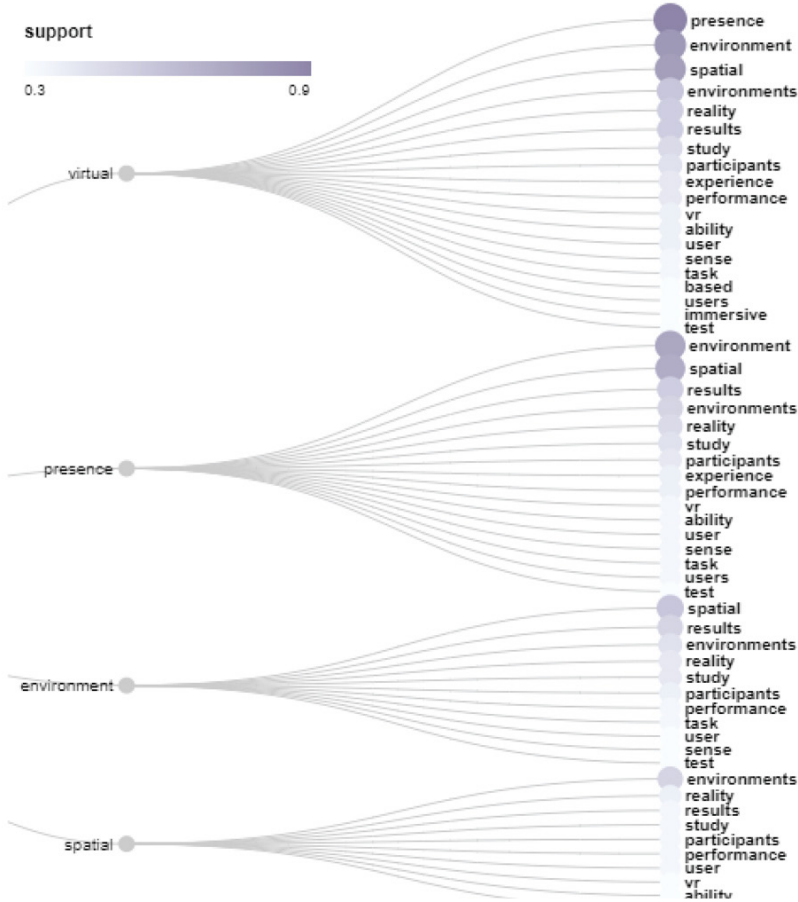


Figure 5: Linear triple co-word analysis (Source: authors)

Within these collections, the 15 most frequently used rules are listed according to Table 3. The relationship between all the concepts, r6, and r10 appears to have been the subject of more articles in recent years. It can be said that these concepts are more popular than the others. In the table, “result” has a significant percentage, it can be argued that researchers reveal their experiment results in the abstract to give information to its readers.

In general, “task” and “performance” are used together, but in the Table 3, there is a slight difference between these notions. It can be said that some researchers conducted an experiment with different purposes rather than

measuring the task performance. Although not included in the table because the support value is low, the terms “virtual” and “test” appeared together in 33% of all articles. In investigations, it may be advantageous to administer tests to determine the intervention’s effect.

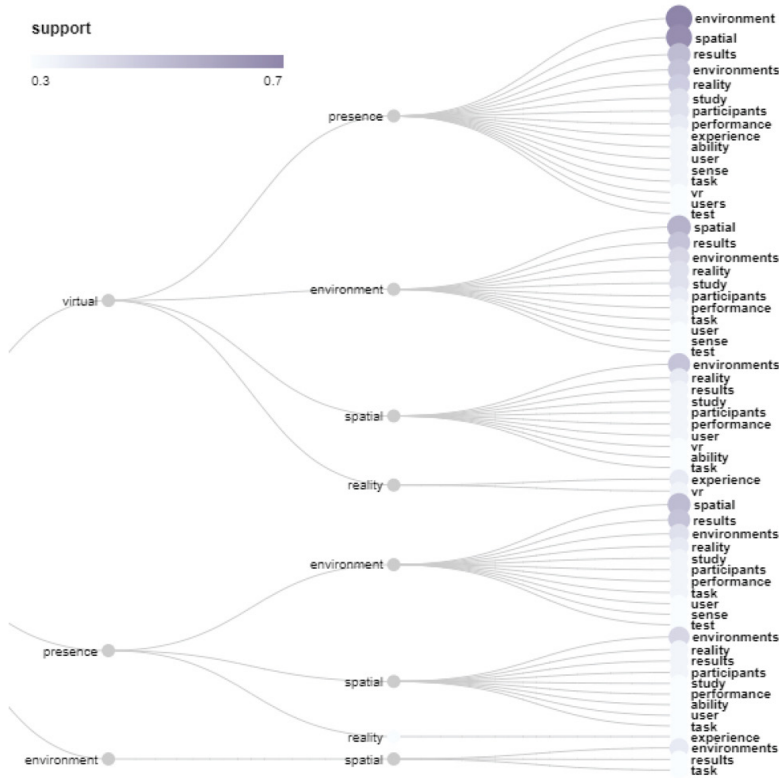


Figure 6: Linear triple co-word analysis (Source: authors)

If we look at the binary and triple co-word analysis In the Figure 5, 45.5% of all articles include “virtual-participant”; 42.4% include “virtual-experience” and “virtual-performance”; 39.4% include virtual-user, 36.4% include “virtual-sense and virtual-task”; and 33.3% include “virtual-immersive” and “virtual-test” groups. Based on this, we believe it is possible to assert that there are experience-based tasks in virtual environments and that users’ performance on these assessments is evaluated.

In the final steps of the co-word analysis, the significant associations begin with virtual and presence with other triple combinations. For instance, in Figure 6, the “virtual - presence - environment - spatial” combination takes

part together in the %50 of the scanned articles. Unlike the last notion which is spatial for the aforementioned example, “virtual - presence - environment - test” only takes part together in the %30 of the articles. The notion of “reality” has been used more through the years. According to Table 4, the concept of “presence”, “virtual” and “environment” are used together, and “spatial” accompany these notions. It has been observed that the concepts of “participants”, “performance”, “task” and “orientation” decreased through the years. This may show that the method of the investigation might change. From the beginning of the 2000s until the 2020’s beginning, researchers might prefer to study with participants and measure task performance.

Table 4: Word mapping in the abstract (Source: authors)

word concepts in the abstract		presence	virtual	environment	spatial	result	reality	study	participants	performance	task	orientation
Year	Auhors											
1996	Slater et al.											
1998	Lackner & DiZio											
2001	Johns & Blake											
2003	Zimmons & Panter											
2003	Mania et al.											
2004	Parush & Berman											
2008	Morganti et al.											
2012	Andrade et al.											
2012	Pillai et al.											
2013	Diyana and Rambli											
2013	Bashir & Bicker											
2015	Yoon et al.											
2015	Locher et al.											
2015	Frischmann et al.											
2016	Freina & Canessa et al.											
2016	Coxon et al.											
2016	McKenzie & Klippel											
2017	Nguyen-Vo et al.											
2018	Langbehn et al.											
2018	Suzer & Olguntürk											
2018	Merriman et al.											
2019	Iachini et al.											
2019	Melo et al.											
2019	Cmentowski et al.											
2019	Cmentowski et al.											
2020	Zhai et al.											
2021	Carbonell-Carrera et al.											
2021	Stewart & Lopez											
2022	Uz-Bilgin & Thompson											
2022	McLean & Barhorst											
2022	Al-Ajmi et al.											
2022	Kállai et al.											
2023	Paes et al.											

4. RESULTS

The link between spatial abilities and spatial presence holds significant implications for research and practical applications related to game design and other use of virtual environments. The development of this game industry incorporates a variety of architectural manufacturing processes. It is essential to disclose the disciplines and methodologies of relationship research to identify investigation gaps and prospective future research topics. The findings of this research can serve as a foundation for future studies at the intersection of architecture, virtual reality, gaming and spatial cognition.

Based on the data obtained through data mining, the decade of the 2010s was the golden period of research in this field. This result may depend on technological advancements in headsets and technological achievements. Because of Meta and HTC releasing headsets with high render quality, the majority of researchers use these brands' headsets due to their efficacy and pricing.

REFERENCES

- Arake, M., Ohta, H., Tsuruhara, A., Kobayashi, Y., Shinomiya, N., Masaki, H., & Morimoto, Y. (2022). Measuring Task-Related Brain Activity with Event-Related Potentials in Dynamic Task Scenario With Immersive Virtual Reality Environment. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, 16. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2022.779926>
- Arrighi, G., See, Z. S., & Jones, D. (2021). Victoria Theatre virtual reality: A digital heritage case study and user experience design. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 21, e00176. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2021.e00176>
- Ben-Zeev, T., Weiss, I., Ashri, S., Heled, Y., Ketko, I., Yanovich, R., & Okun, E. (2020). Mild Physical Activity Does Not Improve Spatial Learning in a Virtual Environment. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2020.584052>
- Bhagat, K. K., Liou, W., & Chang, C. (2016). A cost-effective interactive 3D virtual reality system applied to military live firing training. *Virtual Reality*, 20(2), 127–140. <https://doi.org/10.1007/s10055-016-0284-x>
- Bilgin, C. U., & Thompson, M. (2021). Processing presence: how users develop spatial presence through an immersive virtual reality game. *Virtual Reality*. <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00528-z>
- Binder, F. P. C., & Spoormaker, V. I. (2020). Quantifying Human Avoidance Behavior in Immersive Virtual Reality. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*,

14. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2020.569899>
- Breves, P., & Stein, J. P. (2022). Cognitive load in immersive media settings: the role of spatial presence and cybersickness. *Virtual Reality*. <https://doi.org/10.1007/s10055-022-00697-5>
- Chang, J. S. K., Yeboah, G., Doucette, A., Clifton, P., Nitsche, M., Welsh, T., & Mazalek, A. (2017). Evaluating the effect of tangible virtual reality on spatial perspective taking ability. *Proceedings of the 5th Symposium on Spatial User Interaction*.
- Chen, S. E. (1995). QuickTime VR. *International Conference on Computer Graphics and Interactive Techniques*. <https://doi.org/10.1145/218380.218395>
- Coxon, M., Kelly, N., & Page, S. (2016). Individual differences in virtual reality: Are spatial presence and spatial ability linked? *Virtual Reality*, 20, 203-212.
- Cummings, J. J., & Bailenson, J. N. (2015). How Immersive Is Enough? A Meta-Analysis of the Effect of Immersive Technology on User Presence. *Media Psychology*, 19(2), 272–309. doi:10.1080/15213269.2015.1015740
- Desai, P., Desai, P., Ajmera, K. D., & Mehta, K. (2014). A Review Paper on Oculus Rift-A Virtual Reality Headset. *arXiv (Cornell University)*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.1408.1173>
- Gardner, H. (2011) *Frames of Mind: The Theory of Multiple Intelligences*. Basic Books, New York.
- Guzsvinecz, T., Orbán-Mihálykó, É., Sik-Lányi, C. (2022) Investigation of spatial ability test completion times in virtual reality using a desktop display and the Gear VR. *Virtual Reality* 26, 601–614 . <https://doi.org/10.1007/s10055-021-00509-2>
- Hartmann, T., Wirth, W., Schramm, H., Klimmt, C., Vorderer, P. A., Gysbers, A., Böcking, S., Ravaja, N., Laari, J., Saari, T., Gouveia, F. R., & Sacau, A. (2016). The spatial presence experience scale (SPES): A short self-report measure for diverse media settings. *Journal of Media Psychology*, 28, 1-15. <https://doi.org/10.1027/18641105/a000137>
- HTC VIVE. (2015, December 18). HTC VIVE Recognized as Virtual Reality Revolution by Popular Science. <https://www.vive.com/us/newsroom/2015-12-18/>
- Lee, K. M. (2004). Presence, Explicated. *Communication Theory*, 14(1), 27–50. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2885.2004.tb00302.x>
- Meta. (n.d.). Technologies that bring the world closer together. Retrieved May 12, 2023, from <https://about.meta.com/technologies/>

- Milgram, P., Takemura, H., Utsumi, A., & Kishino, F. (1995). Augmented reality: a class of displays on the reality-virtuality continuum. *SPIE Proceedings*. <https://doi.org/10.1117/12.197321>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., & Altman, D. G. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLOS Medicine*, 6(7), e1000097. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
- Narayan, M., Waugh, L., Zhang, X., Bafna, P., Bowman, D. (2005) Quantifying the benefits of immersion for collaboration in virtual environments. In: *Proceedings of the ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, ACM, pp. 78–81
- Narciso, D., Bessa, M., Coelho, A., Coelho, A., & Vasconcelos-Raposo, J. (2019). Immersive 360° video user experience: impact of different variables in the sense of presence and cybersickness. *Universal Access in the Information Society*, 18(1), 77–87. <https://doi.org/10.1007/s10209-017-0581-5>
- Neo, J. R. J., Won, A. S., & Shepley, M. M. (2021). Designing Immersive Virtual Environments for Human Behavior Research. *Frontiers in Virtual Reality*, 2. <https://doi.org/10.3389/frvir.2021.603750>
- Tóth, R., Zichar, M., & Hoffmann, M. (2020). Gamified Mental Cutting Test for enhancing spatial skills. *IEEE International Conference on Cognitive Infocommunications*. <https://doi.org/10.1109/cogincom50765.2020.9237888>
- Rooij, J. van. (2022). Presence, Immersion and Gnomes - The Quality of Interactivity and its Influence on Presence in Virtual Reality [MA Thesis]. Breda University of Applied Sciences.
- Slater M. (2009) Place illusion and plausibility can lead to realistic behaviour in immersive virtual environments. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B, Biol. Sci.*;364(1535):3549-3557.
- Slater, M., Usoh, M., & Steed, A. (1994). Depth of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators & Virtual Environments*, 3, 130-144.
- Weibel, D., Wissmath, B., & Mast, F. W. (2011). Influence of Mental Imagery on Spatial Presence and Enjoyment Assessed in Different Types of Media. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 14(10), 607–612. <https://doi.org/10.1089/cyber.2010.0287>
- Yakut, S. E. S., & Kavakoğlu, A. A. (2022). An Interdisciplinary Exploration on Climate Notion in Digital Research. *Eskişehir Technical University Journal*

of Science and Technology A- Applied Sciences and Engineering. <https://doi.org/10.18038/estubtda.1170974>

Yazar, Tuğrul & Uysal, Serkan. (2017). Mimarlıkta Sayısal Tasarım Kavramları Üzerine Bir Çalışma in: Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu; 14-15 June; Ankara, Turkey: MSTAS. pp.127-134.

Sayısal Ekosistemlerde Yersizlik Bağlamında Üretilen Mimari Tasarımlarda Mekân ve Mimar Kavramlarının Değişimi: Metaverse Ekosistemi

ASLIHAN FEDAKAR 
Sakarya Üniversitesi
aslihanfedakar@sakarya.edu.tr


Özet

Metaverse; sayısal tasarım ürünlerinin bir sonucu olarak arttırılmış ve sanal gerçeklik sistemleri sayesinde kullanıcıların tüm faaliyetleri deneyimleyebildiği “paralel dünyada” ikincil sanal bir hayat sunan; bunu yaparken birçok disiplin, kavram ve ürünün tanımını değiştiren bilişsel bir evren veya sayısal ekosistemler bütünüdür. Her çağ yeni bir ufuk ve farklı bir dünya düzenini işaret eder, metaverse de yeni çağın başlangıcını özetler bir kavramdır. 3D sistemlerin geliştirilmesi, gerçekçi oyun sistemlerindeki gelişmeler, VR gözlüklerle sanal mekân deneyimleri halihazırda hayatımızın bir parçası haline gelmiş haldedir. “Metaverse” de farklı olan tamamen bilişsel bir yaşam şeklinin sayısal ortam vasıtası ile hayata geçmiş olmasıdır. Bu sayısal ekosistem gerçek dünyanın fizik kuralları ve bağlamından bağımsız sanal olarak var olmaktadır. Bunun sonucu olarak mevcut mimarlık pratiği ve tasarım süreçlerini etkileyen faktörlerden bağımsız “yersizlik bağlamında” tasarlanan mimarlık ürünleri, bunları tasarlayan mimarların iş tanımları ve kullanıcıların deneyimlediği mekân algısı tamamen değişmektedir. Gelişen teknoloji ve ele geçirdiği gündelik yaşam kurgusu insanların yaşayış biçimini dolayısıyla dünyayı algılayışını da değiştirmektedir. Bu gelişmeler ve değişimler sonucu büyük önem ve ivme kazanan sayısal tasarım ürünleri ve ekosistemler her geçen gün daha da önem kazanmakta, mimariyi farklı bir bakış açısıyla dönüştürmektedir. Öyle ki algılanan mekân artık fiziksel dünyanın bağlamından kopuk, kuralları olmayan ve olabilecek kuralları sadece tasarımcı ve kullanıcının koyduğu sınırsız bir olasılıklar evreni haline gelmiştir. Bu sınırsız uzayda ortaya çıkan yeni mekân tipolojisi, mekân algısı, kullanıcı deneyimi ve opsiyonel dünya bağlamları gibi kavramlar mimarlık disiplininde alışlageldik mekân, mimarlık ve mimar tanımlarını değiştirmektedir. Bu nedenle çalışma kapsamında yazar tarafından ortaya konulan “Metaverse gibi sayısal ekosistemlerde yersizlik bağlamında

üretilen mimari tasarımlar mekân ve mimar kavramlarını değiştirmekte ve dönüştürmektedir.” hipotezinin doğruluğu araştırılmaktadır. Çalışma yöntemi olarak; literatür taramasının ardından incelenen eserler doğrultusunda mekân ve mimar kavramlarının yersizlik bağlamında -metaverse evreninde-değişimini ve dahi dönüşümünü karşılaştırma yöntemi ile ortaya koyabilmek amacıyla parametreler belirlenmiştir. Belirlenen parametreler çerçevesinde 2023 yılı itibarıyla ulusal ve uluslararası popülaritesi yüksek beş metaverse evreni seçilerek mevcut fiziksel dünya ve mimarlık algısı üzerinden karşılaştırma yöntemi ile değerlendirilerek sonuca varılmıştır. Elde edilen bulgular ve tartışılan veriler ışığında varılan sonuca göre “Metaverse gibi sayısal ekosistemlerde yersizlik bağlamında üretilen mimari tasarımlar mekân ve mimar kavramlarını değiştirmekte ve dönüştürmektedir.” hipotezinin doğruluğu ispatlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sayısal Ekosistemler, Metaverse, Mimarlık, Yersizlik Bağlamı, Sayısal Mimari Tasarım

The Change of Space and Architect Concepts in Architectural Designs Produced in the Context of Non-place in Digital Ecosystems: Metaverse Ecosystem

ASLIHAN FEDAKAR 
Sakarya University
aslihanfedakar@sakarya.edu.tr

Abstract

Metaverse; offering a secondary virtual life in the “parallel world” where users can experience all activities thanks to augmented and virtual reality systems as a result of digital design products; while doing this, it is a cognitive universe or a set of digital ecosystems that changes the definition of many disciplines, concepts and products. Each age points to a new horizon and a different world order, and the metaverse is a concept that summarizes the beginning of the new age. Development of 3D systems, developments in realistic game systems, virtual space experiences with VR glasses have already become a part of our lives. What is different in the “Metaverse” is that a completely cognitive lifestyle has come to life through the digital environment. This digital ecosystem exists virtually independently of the real world’s physics and context. As a result of this, architectural products designed in the “context of placelessness” independent of the factors affecting the current architectural practice and design processes, the job descriptions of the architects who designed them and the perception of space experienced by the users completely change. Developing technology and the fiction of daily life it has taken over also change people’s way of life and thus their perception of the world. Digital design products and ecosystems, which gain great importance and momentum as a result of these developments and changes, gain more importance day by day and transform architecture with a different perspective. So much so that the perceived space has become a universe of unlimited possibilities, detached from the context of the physical

world, without rules and the possible rules are set only by the designer and the user. Concepts such as new space typology, space perception, user experience and optional world contexts emerging in this unlimited space change the usual definitions of space, architecture and architect in the discipline of architecture. For this reason, within the scope of the study, “Architectural designs produced in the context of placelessness in digital ecosystems such as Metaverse change and transform the concepts of space and architect.” The validity of the hypothesis is investigated. As a working method; Parameters were determined in order to reveal the change and even transformation of the concepts of space and architect in the context of placelessness -in the metaverse universe- in line with the works examined after the literature review. Within the framework of the determined parameters, as of 2023, five metaverse universes with high national and international popularity were selected and the result was reached by evaluating the current physical world and architectural perception by comparison method. According to the conclusion reached in the light of the findings and the data discussed, “Architectural designs produced in the context of placelessness in digital ecosystems such as the Metaverse change and transform the concepts of space and architect.” hypothesis has been proven correct.

Keywords: Digital Ecosystems, Metaverse, Architecture, Context of Nonplace, Digital Architectural Design

1. GİRİŞ

Metaverse kavramı ilk kez 1990'ların başında, Neal Stephenson tarafından yayımlanan *Snow Crash*'in (Parazit) romanında hayallerin ötesinde bir evreni tarif etmek için kullanılmıştır (Bostancı, Uncu, 2021).

Lee (2021, s. 72) her on yılda bir bilgi ve iletişim teknolojilerinde bir paradigma değişimi yaşandığını; 1990'larda bilgisayar ile iletişim, 2000'lerde web, 2010'larda mobilin değişim geçirdiğini ve 2020'lerin paradigmasının anahtar kelimesinin Metaverse olduğunu dile getirmektedir (Kuş, 2021).

Metaverse yeni algılar, yeni deneyimler ve yeni mekân demektir. Var olan fiziksel dünyamızın sanal ortamda sayısal iz düşümleri olan bu evrende mevcut kurallar geçerli değildir. Uzay, fantastik dünyalar, var olan mekânların birebir dijital kopyaları ve birçok farklı tipte ortamın tasarlanıp deneyimlenebildiği bu dünyada arz doğrultusunda tüm dünya tasarımcının hayal gücüne orantılı olarak sınırsız niteliklerle donatılmaya açıktır. Bu niteliklerin kısıtlayıcısı olacak iklim, yer çekimi, gün ışığı, inşaa maliyet ve süresi, fizik kanunları gibi faktörler tasarımın dışında kalmaktadır. Bu sayısal ekosistem gerçek dünyanın fizik kuralları ve bağlamından bağımsız sanal olarak var olmaktadır. Bunun sonucu olarak mevcut mimarlık pratiği ve tasarım süreçlerini etkileyen faktörlerden bağımsız “yersizlik bağlamında” tasarlanan mimarlık ürünleri ve bunları tasarlayan mimarların iş tanımları tamamen değişmektedir. Öte yandan mekân algısında da bazı sonuçların olacağı görülmektedir. Beş duyunun tümünün deneyimlenmesi şu an için meta veri deposu mimarisine dahil değildir. Bunun sonucunda bazı deneyim ve faaliyetler daha sınırlı algılanmakta ve tasarlanmaktayken, görsel ve işitsel efektler daha fazla vurgulanır. Mevcut mimaride sadece mekânın atmosferini ve detaylarını uygulamadan önce kullanıcıya sunmak için görselleştirmeler oluşturulurken, metaverse ekosisteminde tüm mekânın tasarlanmasında zaman sadece görselleştirme için harcanmaktadır. Juhani Pallasmaa'nın (2014) *Tenin Gözleri* adlı eserinde bahsettiği üzere mimarlık pratiği ve eğitimine nüfuz eden günümüz teknoloji eksenli tüketim toplumunda görselliğin başta gelmesi, mimarlık gibi tüm duylara hitap eden bir disiplinde görme duyusunun baskın ve tek çıkışı çevreyi yoksullaştırmakta, yalıtılmışlık ve yabancılaşmışlık duygusunun deneyimlenmesine sebebiyet vermektedir. Aidiyet ve bütünleşme sağlayan çok duyulu mekân deneyimi bu eksenle kaybolmaktadır. Böylece “yer” kavramından kopuş daha belirgin hale gelmektedir.

Bu çalışma kapsamında yazar tarafından ortaya konulan “Metaverse gibi sayısal ekosistemlerde yersizlik bağlamında üretilen mimari tasarımlar mekân ve mimar kavramlarını değiştirmekte ve dönüştürmektedir.” hipotezinin doğruluğu

araştırılmaktadır. Çalışma yöntemi olarak; literatür taramasının ardından incelenen eserler doğrultusunda mekân, mimarlık ve mimar kavramlarının yersizlik bağlamında -metaverse evreninde- değişimini ve dahi dönüşümünü karşılaştırma yöntemi ile ortaya koyabilmek amacıyla parametreler belirlenmiştir. Belirlenen parametreler çerçevesinde mevcut fiziksel dünya ve mimarlık algısı üzerinden karşılaştırma yöntemi ile değerlendirilmek 2023 yılı itibariyle ulusal ve uluslararası popülaritesi yüksek beş metaverse evreni seçilmiştir. Belirlenen parametrelerce karşılaştırmalı değerlendirme yönteminde örnek sistemler olarak seçilen 5 metaverse evreni, hipotezin doğruluğunun araştırılması hususunda ihtiyaç duyulan verileri sağlaması amacıyla değerlendirme tablosu üzerinden irdelenmiştir. Elde edilen bulgular ve tartışılan veriler ışığında varılan sonuca göre “Metaverse gibi sayısal ekosistemlerde yersizlik bağlamında üretilen mimari tasarımlar mekân ve mimar kavramlarını değiştirmekte ve dönüştürmektedir.” hipotezinin doğruluğu sağlanmıştır.

2. METAVERSE EVRENİNDE YER, YERSİZLİK, MEKÂN VE MİMAR KAVRAMLARI

2.1. Metaverse Sayısal Ekosistemi

Hem görsel hem de sosyal içeriğin, sakinlerin kendileri tarafından tasarlandığı üç boyutlu bir sanal dünya fikri ilk olarak, Neal Stephenson’ın Snowcrash adlı bilimkurgu romanında kullandığı metaverse kavramıyla ifade edilmiştir (1992). Metaverse sözcüğü etimolojik olarak, Yunanca “meta” önekiyle, İngilizce “universe” sözcüklerinin bir araya getirilmesiyle oluşturulan kaynaşık bir sözcüktür (Tasa, 2009). Metaverse terimi ilk kez 1992’de yayınlanan bir romanda ortaya çıkmıştır. 2000’lerin başından beri araştırmacılar tarafından, kullanıcıların avatarlar aracılığıyla birbirleri ile etkileşim kurmasını sağlayan dijital teknolojilere atıfta bulunmak için bu terimi kullanılmaya başlanmıştır. Terim, Facebook’un yeniden markalaşması nedeniyle 2020 civarında öne çıkmıştır. Ancak, ne tür teknolojilerin metaverse’e ait olması gerektiği ve terimin nasıl kavramsallaştırılacağı konusunda bir fikir birliği yoktur (Davy Tsz, 2022).

Metaverse; duyularımızın çoğu belki de tamamı ile deneyimleyebildiğimiz, kendi karakter tasarımlarımızla yeni bir kimlik sahibi olarak yaşayabildiğimiz, yeni sosyal ağların, yeni bir ekonominin ve yeni alışkanlıkların sağlandığı yeni bir evren modelidir. Getirdiği tüm bu yenilikler mevcut düzende alıştığımız kavram ve olguları değiştirmektedir. Özellikle kullanıcılarına deneyimlettiği sanal mekânlar aracılığı ile fiziksel dünyada alışlagelmiş mekân ve mimarlık algısının değişim ve dönüşümünün doğru anlaşılması ve biçimlendirilmesi önem arz etmektedir.

2.2. Mekân ve Sanal/Sayısal Mekân

Mekân; ‘boş bir alanın oluşturduğu mana ya da sınırları belirlenerek tarif edilen yer’ olarak ifade edilmektedir. Boşluk ve zaman içerisinde bir sınırlandırılmışlık olarak da tanımlanabilen mekân kavramının belki de ilk özelliği algılanabilirliğidir. Algı mekânı, duyular ile algılanabilen bir mekânı tariflemektedir. Buna karşılık mekânın geometrik özelliklerinin de bulunması onun farklı alanlar içerisinde incelenebilirliğinin anlaşılmasında yardımcı olmaktadır. Pek çok mekân türü bulunmaktadır; sosyal mekân, iktisadi mekân, coğrafi mekân, kültürel mekân vb. (Yücel, 1981). Psikoloji, daha önceleri sanıldığı gibi mekânın tüm insanlar için ortak, mutlak ve değişmez mekân izlenimleri vermediğini ortaya çıkarmıştır. Piaget’in ‘mekân bilinci’ olarak adlandırdığı izlenimler birikimi anlık bireysel algılardan çok daha fazlasını ifade etmektedirler (Piaget ve Inhelder, 1956). Mekânı tanımlayan şey kullanıcıya uyandırdığı imgedir. Mekân; o “yer”e ait yaşanmışlıklar, alışkanlıklar ve hislerden meydana gelen karmaşık ilişkiler ağının karşılığıdır. Mekân bireyle var olmaktadır. Mekân, fiziksel boyutundan önce bilinçle algılanır ve böylece benimsenir.

Sanal mekân; “gerçek mekânın simüle edilmiş durumu, farklı bir benzeri, yansıması; farklı elemanlar ile oluşturulmuş, kendine has algısı olan mekân” olarak tanımlanmaktadır. Bilgisayar ortamında canlandırılan üç boyutlu görüntülerin, bazı aygıtlar yardımıyla insanlara “gerçek dünya” gibi gösterilmesi; yapay gerçeklik, sanal ortam olarak da tanımlanmaktadır. Özel aletler kullanarak bu ortama dahil olan kullanıcı gördüklerini gerçek olarak algılamaya başlamakta ve gerçek ve sanal olanı birbirinden ayırt edemez hale gelmektedir (Gibson, 1984). Teknolojinin getirdiği bu sanal, sayısal ortamlar gerçek yaşantıya paralel uzay-mekân ile sınırlı olmayan ortamlar oluşturmaktadır. Gündelik araçlar için gerçekleşen dijitalleşme değişiminin mekânlar için gerçekleştiğini varsaymak mümkün görünmektedir (Yüksel ve Yıldız, 2022). Sanal mekânlar hem var olma biçimleri hem de algılanma biçimleriyle mevcut mekân algısını değiştirmekte ve dönüştürmektedir. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında bu değişimler farklı açılardan incelenecektir.

2.3. Mimar Kimdir?

Bir kültür ögesi olarak mimarlık, ulusal ve yerel, kolektif ve bireysel kimlikleri betimleyen anlamlar taşır. Bu noktadan hareketle, mimarlık ürünü olarak mekân ait olduğu yeri ve zamanı tanımlayan, toplumsal, bireysel kimliklerimizin ve tasarımcısı olarak mimarın kimliğini betimleyen bir ifade aracıdır. Bu yönüyle mekân, bir etkileşim ortamı oluşturmakta ve kendi iç

gelişimini de yine bu ortaya koyduğu etkileşim ortamından sağlamaktadır (Dinçer, 2009). Anlaşıldığı üzere mekân iletimin yani mesajın kendisini oluşturur, mekân mesajdır. Diğer taraftan mekânı da ileteceği mesajın içerik ve iletilme biçimini tasarlayan ve tahayyül eden de mimardır. Bu bağlamda mimarın kimliği mekânın kendisidir. Mekâna dair tüm nitelik ve mekânın taşıdığı tüm mesajlar mimarın kimliğidir, mekân mimarı tanımlayan bir sonuç ürünüdür. Marshall McLuhan (1964) “The Medium is The Message” başlıklı kitap bölümünde de bunu anlatmaktadır. O’na göre mesajın (içeriğin) iletildiği ortamın, fiziksel veya sanal fark etmeksizin, mesaj kadar hatta mesajdan daha da önemli olduğunu anlatmak için kullanılmıştır. Öyle ki bir mekâna girildiğinde o mekâna dair detaylar kişiye işlevle ilgili, kültürle ilgili, davranış biçiminin nasıl olması gerektiğiyle ilgili, sosyal yapıyla ilgili birçok bilgi iletmektedir. Bu bağlamda mekân mesajdır. Mesajın yani ileti veya bilginin de tasarlayıcısı ve kaynağı mimardır.

Tüm işlerde özellikle de mimarlıkta şu iki nokta vardır; kendisine anlam verilen ve ona anlamını veren. Kendisine anlam verilen, üzerinde konuşuyor olabileceğimiz konu, anlamı veren ise bilimsel ilkeler içeren bir gösterimdir. Bu yüzden mimar olduğunu düşünen birisinin, her iki bakımdan da deneyimli olması gerektiği ortaya çıkar. Mimar eğitilmeli, kalemi güçlü olmalı, geometri öğrenimi görmeli, iyi tarih bilmeli, filozofları iyi izlemeli, müzikten anlamalı, biraz tıp bilgisi bulunmalı, yıldızbilim ve göklerin kuramı ile tanışıklığı olmalıdır (Vitruvius, 1993). Yücel (2004)’den aktaran Dinçer (2009) mimar kavramını şöyle açıklamaktadır: “Söz konusu makalesinde Yücel, mimarlık olgusunu veya eylemini icra eden olarak tanımladığı mimarı, inşa eden, imar eden, tasarlayan, yaratan, örgütleyen olarak betimlerken, bu eylemi gerçekleştirenin kendi birikiminden kaynaklanan farklı rolleri (mühendis, zanaatkar, sanatkar, düşünür, tasarımcı gibi) eş zamanlı olarak meslek pratiği içerisinde taşıyabildiğini vurgular. Yücel, tüm bu rollerin hem mimarlık eylemine hem de mimarlığın düşünsel pratiğine katkılarını, düşünme biçimi, mimari değer sistemi, üslup gibi kategorilerle ilişkili olarak ortaya çıktığını söyler.” Aslında mimar multidisipliner bir meslek erbabıdır. Mimar olarak tanımlanan kişi bir “yer”i ancak ve ancak tüm yönleriyle ve uzmanlıkla ele alıp buna göre bir tasarım ortaya koyabildiği sürece gerçekten “imar eden kişi” unvanını alabilir. Çünkü bir mekân, bağlamı ve insanla “yer” halini almaktadır (bkz. Bölüm 2.4).

2.4. Yer ve Yersizlik

Şeyleri algılayış biçimimiz yerlerin niteliğini belirler. Şeyler ya da onları algılayacak kimse yoksa yer de yoktur (Koçyiğit, Gorbon; 2012). Nalbantoğlu (2005)'dan aktaran Koçyiğit ve Gorbon (2012) yer ve insan arasındaki bağı şöyle anlatır: "Heidegger'in değişisiyle nehrin üzerine köprüyü kurmadan önce orada bir yer olduğundan bahsedemeyiz. İnsan şeyleri algılayarak, dönüştürerek ya da üreterek yerleri var eder. Yer ile insanın varoluşu arasında derin bir bağ vardır. İnsan yaşayabilmek için bilinmeyen bir evrenin ortasına evini inşa ederek yeri var eder." Aslında bir ortamın "yer" olabilmesi için önce insana ihtiyaç vardır. İnsan algısı ve etkisi sayesinde ortamlar "yer" haline gelebilmektedir. Bu bağlamda insan algısı ve etkisinin varlığı, yersizlik bağlamında mekânın değişim durumunun değerlendirilmesinde bir parametre olarak karşımıza çıkmaktadır. Koçyiğit ve Gorbon (2012) aynı zamanda Schulz (1971)'dan derlediği metinde; "Modern mimarlığın kavrayışıyla çevre, rakamlar ve soyut grafiklerle ifade edilen bölgelerden oluşmakta; bunların birbiriyle ilişkileri ise ancak ideal bir durum için geçerli olabilecek "işlev" ile açıklanmaya çalışılmaktadır. Bu da türdeş ve kimliksiz çevreler üretiminde ve insanın çevresine yabancılaşmasındaki sorunlu bakış açısına işaret etmektedir (Norberg-Schulz 1971, 29-42). Yapılması gereken, çevreyi var eden şeyler üzerine yeniden düşünmek, bunların niteliklerini kendi varoluşsal gereklilikleri içinde saptamak ve yerlerin karakterini tespit etmektir. Schulz'a göre bir Antik Roma kavrayışı olan "yerin ruhu" aslında yerin karakterinin belirlendiği atmosferi anlatmaktadır (Norberg-Schulz 1976, 3-10)." şeklindeki anlatımıyla yerin ruhu kavramını hatırlatmaktadır. Bahsedildiği üzere mekânları yer yapan nitelikler aslında kimliğini de oluşturan çevre, aidiyet, tarih, kültür gibi öğelerdir. Bu öğelerle yerin bir ruhu yani özü meydana gelmektedir. O "yer"i diğer mekânlardan ayıran bu özellikleridir ve kimliği, özü, ruhu tam olarak orasıdır, oranın niteliksel ve bilinçsel özellikleridir. Yer sadece o "an" değildir. O ana gelmesinde rolü olan geçmiştir, tarihtir. Sosyal ilişkilerin, yaşanmışlıkların ve kişilerin bir ürünü olan yer, ruhunu tüm bu ilişkiler ve kavramlar ağının özel oluşundan almaktadır. Yine tam da bu ilişkiler ve tarihsellik göstermektedir ki, yer dönüşken ve değişken bir yapıdadır. Öyle ki insanla biçimlenen yer kavramı insan değiştikçe değişecek ve gelişecektir. Bu bağlamda değerlendirirsek bir ortamın tarihsel, sosyolojik ve bilişsel değeri varsa ve bu yer değişkense -kullanıcıyla etkileşimli olarak değişiyorsa- ruha sahiptir.

Yapısalcı kavrayış içerisinde yersizleşme ise hangi şekilde ele alınırsa alınsın bağlamın iflas etmesi, kurulamamasıdır. Mimari ürünün, hem/ya düşünsel boyutta hem/ya da coğrafi, fiziksel çevre boyutunda ait olabileceği bir dizgenin

bulunamaması veya kurulamaması dolayısıyla mimari ürünün kendine ait bir yerinin olamayışı, tekil bir öge olmanın ötesine geçemeyişidir. Bu anlamda yersizleşme bağlamsallıkların çözülmesi, iflas edişini anlatan bir süreci tanımlar. (...) Mimarlıkta yersizleşme sürecinin önemi, bir kavramsallaştırma sorunsalı olarak düşünsel alanda yer edinmesinin ötesinde, doğrudan doğruya fiziksel çevrenin insan için değişen anlamı ve mekânsal yerleşme pratiğindeki tarihsel dönüşümlerle ilgilidir. Bu nedenle sürecin aynı zamanda -daha somut anlamda-, tarihsel perspektif içerisinde fiziksel alana yansımalarıyla çözümlenmesi önem taşımaktadır. Fiziksel alanda yersizleşmenin mimarlık uygulamalarını etkileyen bir olgu olarak ortaya çıkması, bir düşünce kategorisi olarak “yer”in “zaman ve “mekân” olarak ayrıştırılmaya başlaması ile olmuştur. Bu aynı zamanda yaygın kullanılan bir ifadeyle modern zamanların başlangıcı olarak da ifade edilebilir. Modern öncesi dönemde başka bir anlatımla, fiziksel çevre bir bütün olarak zaman ve mekânın değişmez koordinatları ile kavranmaya başlamadan önce, dünya birbirinden yalıtılmış çok sayıda “yer” olarak kavranmaktadır. Yer kavramı, belirli bir hukuki, politik, toplumsal anlam taşımakta; kabaca belirlenmiş toprak sınırları içindeki toplumsal ilişkilerin ve topluluğun görelî özerkliğine işaret etmektedir. (Koçyiğit, Gorbon; 2012). Modernite öncesi algıda yer kavramı bir ürünün konumundansa anlamını ifade etmekteydi. Giddens (1994) bunu şöyle açıklar: “Modernleşme süreciyle birlikte soyut ve eşdeğer bölümlenmiş zaman ve mekân kavrayışlarının geçerlilik kazanması, yerlerin birbirlerinden bağımsız ve kendi anlamlarını yaratan adacıklar olarak kavranamamasına yol açmıştır. Mimari ürünün ise, yerinden çok giderek artan bir biçimde oldukça soyut bir kavrayışla hangi zamana ve mekâna ait olduğu önem kazanmaya başlamıştır.” O zamanlardan bugüne düşünüldüğünde yersizlik kavramı, insan etmeninden kopma, zaman ve mekân kavramlarının bir şey ifade etmemesi ve bağlamdan kopmuşluk olarak da tanımlanabilir.

Aydınlı (2003)’den aktaran Kaymaz Koca (2005) şöyle ekliyor: “...yerin algısal bir deneyimi olduğunu ve bu deneyimin duygu ve düşüncelerimizi harekete geçiren bir ortam yaratıldığında gerçekleştiğini iddia etmiştir. O’na göre yerin deneyimlenmesi, kavramsal olarak yersizlik duygusu ile anlam kazanır; birlikte hareket etme, ait olma ve bütünsellik ilkeleri ile sorgulanır.

Anlamli formların artık yittiğine, bunun da anı duygusunu ortadan kaldırdığına değinir. Çünkü O’na göre, anlamli herhangi bir form, bize mutlaka bir şeyler hatırlatmaktadır. Problem, figural kaliteden kaynaklanmaktadır. Zira, figural kaliteden yoksun çevresel tasarımlar, yerin ruhunun kaybolmasına ve insanın herhangi bir yerdelik duygusu yaşamasına sebep olmaktadır. Bu sayede,

çevresine yabancılaşan insan, aidiyet ve grup duygusunu kaybetmeye başlar, yalnızlığı artırır.”

Juhani Pallasmaa'nın (2014) *Tenin Gözleri* adlı eserinde bahsettiği üzere mimarlık pratiği ve eğitimine nüfuz eden günümüz teknoloji eksensiz tüketim toplumunda görselliğin başta gelmesi, mimarlık gibi tüm duyulara hitap eden bir disiplinde görme duyusunun baskın ve tek çıkışı çevreyi yoksullaştırmakta, yalıtılmışlık ve yabancılaşmışlık duygusunun deneyimlenmesine sebebiyet vermektedir. Aidiyet ve bütünleşme sağlayan çok duyulu mekân deneyimi bu eksende kaybolmaktadır. Böylece “yer” kavramından kopuş daha belirgin hale gelmektedir.

Schulz (1980)'dan derlediği metinde Kaymaz Koca (2005) göre: “... modern yerleşmelerde binalar özel bir şekil-zemin ilişkisi kurmaksızın serbestçe yerleştiklerinden peyzaj, oluşan yapay ağ içerisinde anlamını kaybetmektedir. Yani sıra, modern tasarımlar iç-dış, özel-genel alanlar arasında olması gereken net ayrımları hiçbir ölçekte karşılayamamaktadır. Bunun sonucu olarak, mekânsal strüktürler kaybolmakta, insanın oryantasyonu zorlaşmakta, kimlik zayıflamakta ve insanın yabancılaşma sorunu ortaya çıkmaktadır ki bu sonuç ikamet etmenin doğasına ters düşmektedir. Schulz'a göre tüm bu belirtiler, yer kaybına (loss of place) işaret etmektedir. Kaybolan, insanın bireyselliğini ve aidiyetini deneyimleyeceği mekânlar, ortak yaşama yer sağlayan kent boşlukları, yer ve gök arasındaki ilişkidir.”

Özet bir şekilde yeri, soyut olarak kavranabilen, üstün, ideal özelliklere sahip bir mekân olarak tanımlayabileceğimize göre, “günümüz mimarlığında yersizliğin”, çağımızda “mekân” olgusunun kavramsal özelliklerinin zedelenmesi sonucunda gerçekleştiğini söylemek yanlış olmayacaktır (Kaymaz Koca, 2005). Yani aslında yersizleşme bağlamının ortaya çıkışı başlı başına mekânın değiştiğinin bir ispatıdır. Bu bağlamda mekân mimarın iletişim aracı/ mesajı ise (bkz. Bölüm 2.3) mimar da değişmiştir. Çalışmanın bu bölümünde aktarılan tüm literatür çalışmaları düşünüldüğünde “yersizleşme”, mekân ve mimar kavramları arasında karşılıklı bir değiştirme ve dönüştürme etkisinin bir sonucudur. Bu bağlamda çalışma kapsamında araştırılması amaçlanan hipotezin karşılaştırma yöntemi ile incelenmesinde kullanılacak parametrelerin seçiminde yersizliği doğuran faktörlere odaklanılmıştır. Buna göre;

Schulz (1971, 1976) kaynaklarından edinilen parametreler:

- Türdeş ve kimliksiz çevreler oluşması yani mekânları yer yapan ve kimliğini de oluşturan, aidiyet, tarihsel birikim/geçmiş, kültür öğeleri barındırma, sosyal ilişkiler, yaşanmışlık/anı oluşturma etkisi gibi faktörlerden yoksunluk,

- Dönüşebilme değişebilme özelliğinin olmayışı,
- İç-dış, özel-genel ayrımının kayboluşuyla ortaya çıkan yabancılaşma hissi, Pallasmaa (2014) kaynağından edinilen parametreler:
- Görme duyusunun baskın ve tek çıkışıyla aidiyet ve bütünleşme sağlayan çok duyulu mekân deneyiminin kayboluşu,

Koçyiğit ve Gorbon (2012) kaynağından edinilen parametreler:

- “Yer”i algılayacak kişi, insan/kullanıcı faktörünün eksikliği,
- Bağlamın çözülmesi; çevreden kopukluk, mimari ürünün, hem/ya düşünsel boyutta hem/ya da coğrafi, fiziksel çevre boyutunda ait olabileceği bir dizgenin bulunamaması veya kurulamaması,
- Toplumsal ilişkilerin var olmayışı,

Aydınlı (2003) ve Kaymaz Koca (2005) kaynaklarından elde edilen parametreler:

- Anı duygusunun ortadan kalkmasıyla kullanıcının herhangi bir yerdelik duygusu yaşamaması ve bu sebeple çevreye yabancılaşma, aidiyet ve grup hissini kaybetme problemi yaşatan mekân kurgusu, parametreleri seçilmiştir.

En çok kullanıcıya sahip Roblox, Decentraland, The Sandbox, Second Life ve Somnium Space adlı metaverse platformları URL-1,2,3,4,5,6,7,8 ve 9 internet kaynaklarından seçilmiştir. Platformlar yazar tarafından teker teker deneyimlenmiş ve incelenmiştir. 3.bölümde oluşturulan Tablo 1 bu deneyim ve incelemeler sonucu doldurulmuştur.

3. BULGULAR

Yersizlik bağlamının ortaya çıkışının mekân ve mimar kavramlarının değişiminde başlıca bir etken olduğu önceki bölümlerde literatür taraması ve çıkarımlarla ortaya konulmuştu. Literatür kapsamında incelenen kaynaklar çerçevesinde belirlenen, yersizlik bağlamının ortaya çıkış sebepleri olarak değerlendirilebilecek parametreler ve çeşitli internet kaynakları doğrultusunda seçilen, en çok kullanıma sahip metaverse platformlarından beşi kullanılarak “Metaverse platform örneklerinin ve fiziksel gerçekliğin yersizlik bağlamı parametrelerince karşılaştırmalı değerlendirmesi” tablosu oluşturulmuştur.

Tablo 1: Metaverse platform örneklerinin ve fiziksel gerçekliğin yersizlik bağlamı parametrelerince karşılaştırmalı değerlendirmesi (Yazar tarafından oluşturulmuştur.)

Etken Parametreler	Gerçek/Fiziksel Dünyada Bulunan "Yer"ler	Roblox	Decentraland	The Sandbox	Second Life	Somnium Space
Türdeş ve kimliksiz çevreler oluşması	Tarihsel birikimden yoksunluk Kültür öğelerinin eksikliği Sosyal ilişkilere olanak sağlamama Yaşanmışlık/anı oluşturmama	✓ Tarihsel birikimden yoksunluk Kültür öğelerinin eksikliği Sosyal ilişkilere olanak sağlamama ✓ Yaşanmışlık/anı oluşturmama	✓ Tarihsel birikimden yoksunluk Kültür öğelerinin eksikliği Sosyal ilişkilere olanak sağlamama ✓ Yaşanmışlık/anı oluşturmama	✓ Tarihsel birikimden yoksunluk Kültür öğelerinin eksikliği Sosyal ilişkilere olanak sağlamama ✓ Yaşanmışlık/anı oluşturmama	✓ Tarihsel birikimden yoksunluk Kültür öğelerinin eksikliği Sosyal ilişkilere olanak sağlamama ✓ Yaşanmışlık/anı oluşturmama	✓ Tarihsel birikimden yoksunluk Kültür öğelerinin eksikliği Sosyal ilişkilere olanak sağlamama ✓ Yaşanmışlık/anı oluşturmama
Dönüşebilirlik/Değişebilirlik özelliğinin olmaması,						
Yabancılaşma ve aidiyetin kaybolması	Görme duyusunun baskın ve tek çıkışıyla çok duyulu mekân deneyiminin kaybolması İç-dis, özel-genel ayırımın kaybolması Anı duygusunun ortadan kalkmasıyla kullanıcıların herhangi bir yerdeki duygusu yaşamaması	✓ Görme duyusunun baskın ve tek çıkışıyla çok duyulu mekân deneyiminin kaybolması ✓ İç-dis, özel-genel ayırımın kaybolması ✓ Anı duygusunun ortadan kalkmasıyla kullanıcıların herhangi bir yerdeki duygusu yaşamaması	✓ Görme duyusunun baskın ve tek çıkışıyla çok duyulu mekân deneyiminin kaybolması ✓ İç-dis, özel-genel ayırımın kaybolması ✓ Anı duygusunun ortadan kalkmasıyla kullanıcıların herhangi bir yerdeki duygusu yaşamaması	✓ Görme duyusunun baskın ve tek çıkışıyla çok duyulu mekân deneyiminin kaybolması ✓ İç-dis, özel-genel ayırımın kaybolması ✓ Anı duygusunun ortadan kalkmasıyla kullanıcıların herhangi bir yerdeki duygusu yaşamaması	✓ Görme duyusunun baskın ve tek çıkışıyla çok duyulu mekân deneyiminin kaybolması ✓ İç-dis, özel-genel ayırımın kaybolması ✓ Anı duygusunun ortadan kalkmasıyla kullanıcıların herhangi bir yerdeki duygusu yaşamaması	✓ Görme duyusunun baskın ve tek çıkışıyla çok duyulu mekân deneyiminin kaybolması ✓ İç-dis, özel-genel ayırımın kaybolması ✓ Anı duygusunun ortadan kalkmasıyla kullanıcıların herhangi bir yerdeki duygusu yaşamaması
Fiziksel/düşünsel bağlamın çözülmesi		✓	✓	✓	✓	✓

Tablo 1 incelendiğinde;

- Gerçek/fiziksel dünyada tasarlanmış "yer"lerin aksine, metaverse gibi sayısal ekosistemlerin yersizlik bağlamının işaretlerinden biri olan "türdeş ve kimliksiz çevreler oluşturma" parametresi çerçevesinde tarihsel birikimden yoksun olduğu ve yaşanmışlık/anı oluşturmadağı gözlemlenmiştir. İncelenen platformların ve içerdikleri sanal mekânların tarihi bir sürecin getirdiği bilgi ve birikimi içermedikleri görülmüştür. Bu mekânlar belli aralıklarla değişime uğrasalar dahi bu değişimlerin sonucunda meydana gelen eski ve yeni mekân sürümlerinin herhangi bir tarihe referans olduğu veya tarihi bir bağlama oturdukları gözlemlenmemiştir. Dahası edinilen tarihi bir birikim gerçekleşecek dahi olsa bu birikimin okunabilirliği şüphelidir. Edinilmesi muhtemel bir tarihi birikimin kalıcılığı yoktur.
- Kültür öğeleri platformlarda olmakla beraber gözlemlenen kültür öğeleri mevcut sanal mekânların kendilerine ait kimlik ve tarihi birikimle geliştirdikleri bir kültürel değer içermemekte, okunabilir kültür izleri gerçek dünyadan alınan farklı kültürlerin platformdaki oyun/hayat deneyimine eklenmiş "ek"ler olduğu görülmüştür.
- Deneyimlenen tüm platformlar çevrimiçi sohbet destekli olup sanal mekân aracılığı ile kullanıcılara sosyal bir altyapı sunmaktadır. Bu bağlamda sosyal ilişkiler gelişmektedir.

- Seçilen metaverse dünyalarının beşi de dönüşebilme ve değişebilme özelliğine sahiptirler. Kullanıcı ve tasarımcı isteklerine göre hızlı biçimde mekânlar ve kullanıcı deneyimleri değişebilmektedir. Gerçek/fiziksel dünya ile karşılaştırıldığında ise bu değişim tarihi süreçlere veya önemli olaylara göre zamanla, mekânın eski halinin üzerine eklenerek ve çoğalarak değil; birden ve/veya hiç yoktan ortaya çıkan mekânlar olarak ortaya çıkmaktadır.
- Belirlenen beş platform “Görme duyusunun baskın ve tek çıkışıyla çok duyulu mekân deneyiminin kaybolması, iç-dış / özel-genel ayrımının kayboluşu, anı duygusunun ortadan kalkmasıyla kullanıcının herhangi bir yerdelik duygusu yaşaması” parametrelerinin tamamını göstererek kullanıcıların aidiyet, bütünleşme gibi mekâna dair algı ve deneyimlerinin sağlanamadığı görülmüştür. Bu sebeplerle mekânı benimseyemeyen kullanıcılar, orada bir anı veya yaşanmışlık biriktirememektedir. Böylece mekân kullanıcı tarafından “herhangi bir alan” olarak algılanmakta, standardize bir ortam olarak sınıflandırılmaktadır.
- Platformların beşinde de fiziksel hiçbir bağlam, çevre faktörü, doğal sınırlandırma bulunmamaktadır. Var olan fiziksel dünyamızın sanal ortamda sayısal iz düşümleri olan bu evrende mevcut kurallar geçerli değildir. Uzak, fantastik dünyalar, var olan mekânların birebir dijital kopyaları ve birçok farklı tipte ortamın tasarlanıp deneyimlenebildiği bu dünyada arz doğrultusunda tüm dünya tasarımcının hayal gücüne orantılı olarak sınırsız niteliklerle donatılmaya açıktır. Bu niteliklerin kısıtlayıcısı olacak iklim, yer çekimi, gün ışığı, inşaa maliyet ve süresi, fizik kanunları gibi faktörler tasarımın dışında kalmaktadır. Bu sayısal ekosistem gerçek dünyanın fizik kuralları ve bağlamından bağımsız sanal olarak var olmaktadır.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bölüm 3’te ortaya konulan bulgular ve Tablo 1 değerlendirildiğinde tüm parametreler sağlanamasa dahi metaverse sayısal ekosisteminde ortaya çıkan sanal mekânların “yersizlik bağlamı”nda tasarlandığı ve deneyimlendiği açıktır.

Yersizlik bağlamında meydana gelen bir mekânın bilinen gerçek/fiziksel dünyadaki mekâna göre farklı nitelikleri olacağı ve olduğu açıklanmıştı. Bu da göstermektedir ki mekân sayısal bir ekosistem olan ve yersizlik bağlamında olduğu gözlemlenmiş metaverse ekosistemi üzerinde değişime ve dönüşüme uğramaktadır.

Bölüm 2.3.’te “Aslında mimar multidisipliner bir meslek erbabıdır. Mimarı olarak tanımlanan kişi bir “yer”i ancak ve ancak tüm yönleriyle ve uzmanlıkla

ele alıp buna göre bir tasarım ortaya koyabildiği sürece gerçekten “imar eden kişi” unvanını alabilir. Çünkü bir mekân, bağlam ve insan faktörleri ile “yer” halini almaktadır (bkz. Bölüm 2.4.)” şeklinde aktarılmıştı. Bu çerçevede düşünüldüğünde çevresinden kopuk, kültüründen bağımsız, tarihten yoksun bir mekân anlayışı mimarın nitelik kattığı “yer” kavramıyla bağdaşmamaktadır. Dolayısıyla yersizlik bağlamında tasarım yapan mimarın tanımı literatürce bilinen veya açıklanan mimar tanımından farklı bir kavrama dönüşmektedir veya mimarın tanımı değişmektedir.

Tüm bu çıkarımlar değerlendirildiğinde çalışma kapsamında incelenen “Metaverse gibi sayısal ekosistemlerde yersizlik bağlamında üretilen mimari tasarımlar mekân ve mimar kavramlarını değiştirmekte ve dönüştürmektedir.” hipotezinin doğruluğu; literatür incelemesi sonucu belirlenen yersizlik bağlamına ilişkin parametrelerin gerçek/fiziksel dünya ve seçilen beş örnek metaverse ekosistemi çerçevesinde karşılaştırma yönteminde kullanılması, ardından elde edilen bulguların incelenmesi sonucu ispatlanmıştır.

KAYNAKLAR

- Aydınlı, S., (2003). Mimarlığı Anlama, Kaynağa Ulaşma ve Özü Yakalama, TOL Dergisi, Bahar-Yaz 2003, Sayı 3, 54-60.
- Bostancı, M., Uncu, G. (2021). Metaverse: Sanal Mı Gerçek mi?. In Bostancı, M., Adıgüzel, Y. (Eds.), Dijital İletişimi Anlamak-2 (Pp. 58-69), Palet Yayınları. https://www.researchgate.net/profile/mustafabostanci-4/publication/357735769_metaverse_sanal_mi_gercek_mi/links/61dd29223a192d2c8af15fad/metaverse-sanal-mi-gercek-mi.pdf
- Davy Tsz, K. N. (2022). What Is The Metaverse? Definitions, Technologies And The Community Of Inquiry. *Australasian Journal Of Educational Technology*, 38(4), 190-205. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/what-is-metaverse-definitions-technologies/docview/2791977127/Se-2>
- Gibson, W. (1984). *Neuromancer, Matrix Avcısı*, Altın Kitaplar.
- Giddens, Anthony. 1994. *Modernliğin Sonuçları* Çev. Kuşdil, E. İstanbul: Ayrıntı Yayınları
- Kuş, O. (2021, Aralık). Metaverse: ‘Dijital Büyük Patlamada’ Fırsatlar Ve Endişelere Yönelik Algılar. *Intermedia International E-Journal*. <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/2083286>
- Koçyiğit, R. G., & GORBON, F. (2012). Mimarlıkta Yersizleşme Ve Yerin-Yeniden Üretimi. *Tasarım+ Kuram*, 8(13), 95-113.
- Lee, J. Y. (2021). A Study on Metaverse Hype for Sustainable Growth, *International Journal of Advanced Smart Convergence*, 10(3), 72-80.

- McLuhan, M. (2019). *The medium is the message* (1964). In *Crime and Media* (pp. 20-31). Routledge.
- Nalbantoğlu, Hasan Ünal. 2005. *Nedir Mekân Dedikleri? Zaman-Mekân İstanbul: III. Disiplinlerarası Mimarlık - Felsefe Toplantısı.*
- Pallasmaa, J. (2014). *Tenin Gözleri.* Yem Yayınevi.
- Piaget, J. ve Inhelder, B. (1956). *The Child's Conception of Space, Routledge, London.*
- Norberg-Schulz, Christian. (1971). *Existence, Space and Architecture, New York: Praeger Publishers.*
- Norberg-Schulz, Christian. (1976). *The Phenomenon of Place: Architectural Association Quarterly* 8, n:4, p:3-10.
- Yücel, A. (1981). *Mimarlıkta Biçim ve Mekânın Dilsel Yorumu Üzerine, İ.T.Ü. Mimarlık Fakültesi, İstanbul.*
- Yücel, A. (2004). *Mimarlık Nedir, Mimar Kimdir (Felsefeye Nasıl Başvurur?), Mimarlık ve Felsefe, Yapı Yayın, İstanbul.*
- Yüksel, Ş., & Yıldız, (2022), R. A. S. *Metaverse Dünyasında Değişen Sanal-Gerçek Mekânlar Ve Tasarımcının Rolü*,https://www.researchgate.net/profile/Sen-yuksel/publication/359176661_metaverse_dunyasinda_degisen_sanal-gercek_mekânlar_ve_tasarimcinin_rolu_changing_virtual-real_places_in_the_metaverse_world_and_the_role_of_the_designer/links/622bc8240f7b324634245e51/metaverse-duenyasinda-degisen-sanal-gercek-mekânlar-ve-tasarimcinin-rolue-changing-virtual-real-places-in-the-metaverse-world-and-the-role-of-the-designer.pdf
- Vitruvius, P. (1993). *Vitruvius: Mimarlık Üzerine On Kitap, Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları, İstanbul.*
- URL-1: <https://www.coinkolik.com/populer-metaverse-platformlari-hangileri/>
- URL-2: <https://www.banklesstimes.com/metaverse-statistics/>
- URL-3:<https://www.mobileappdaily.com/top-metaverse-platforms#:~:text=Roblox%20can%20easily%20be%20counted,free%20to%20use%20of%20gamers.>
- URL-4: <https://www.techtarget.com/searchcio/tip/Top-metaverse-platforms-to-know-about>
- URL-5: <https://www.userspots.com/liste/populer-metaverse-platformlari>
- URL-6: <https://www.dipprofit.com/top-5-metaverse-entertainment-platforms/>
- URL-7: <https://www.analyticsinsight.net/top-5-metaverse-platforms-for-consumers-and-enterprises-pdf/>

URL-8: <https://coingape.com/blog/top-metaverse-virtual-worlds-with-land-nfts/>

URL-9: <https://captainaltcoin.com/top-5-metaverse-platforms-to-know-about-and-grow-your-business/>

İç Mimarlık Lisans Eğitimi Müfredatında Sayısal Tasarım Derslerinin Niceliksel Analizi

FİLİZ TAVŞAN¹, NİSA NUR GÖKSEL²

¹Karadeniz Teknik Üniversitesi, ²Fatih Sultan Mehmet Vakıf Üniversitesi

¹ftavsan@hotmail.com, ²ngoksel@fsm.edu.tr

Özet

İlk bilgisayar ENIAC'ın 1941 yılında üretiminden günümüze kadar gerçekleşen teknolojik gelişmelerin ışığında sosyal yaşam ile ilişkili birçok bilim dalında değişimler ortaya çıkmıştır. Bilgisayar ve internet üzerine yapılan bütün teknolojik devrimler eğitim ve mimarlık anabilim dallarında da kalıcı izler bırakmaya devam etmektedir. Mimarlıkla doğrudan ilişkili olan iç mimarlık disiplininde de hem uygulamada hem eğitimde bilgisayar kullanımına yönelik derslerin önemi oldukça fazladır. Uluslararası iç mimarlık programlarına bakıldığında dijital sunum yöntemlerine yönelik, görselleştirme ve modelleme; üretime yönelik dijital fabrikasyon; algoritmik, parametrik veya üretken tasarıma olanak sağlayan kodlama dillerinin müfredatlarda yer aldığı görülmektedir. Çalışma kapsamında ülkemizdeki iç mimarlık ve iç mimarlık çevre tasarımı lisans programlarında bulunan sayısal tasarım derslerinin mevcut durumu sorgulanmıştır. Türkiye'de bulunan lisans programlarının müfredatları incelenmiş, sayısal ortamda gerçekleştirilen dersler Bologna verileri üzerinden tespit edilmiştir. Çalışmanın amacı sayısal tasarım derslerine yönelik bir sınıflandırma yapılarak, bu sınıflandırmanın ülke genelindeki programlar üzerindeki dağılımlarını analiz etmektir. Bu kapsamda cevap aranılan araştırma soruları şu şekildedir: “Lisans programlarında ne kadar yazılım/ kodlama/ dijital fabrikasyon dersi bulunmaktadır?” “Lisans programlarında hangi yazılımlar / kodlama dili / dijital fabrikasyon araçları öğretilmektedir / kullanılmaktadır?” “Sayısal tasarım dersleri hangi yarıyıldadır verilmektedir?” “Sayısal tasarım derslerinin kredileri ağırlıklı olarak ne kadardır?” “Sayısal tasarım derslerinin zorunlu / seçmeli olarak verilme ağırlıkları ne kadardır?” Bu araştırma soruları iç mimarlık / iç mimarlık çevre tasarımı lisans programları Bologna verileri incelenerek cevaplanırken; mimarlık, endüstri ürünleri tasarımı, peyzaj mimarlığı vb. bölümler çalışmanın kapsamı dışında bırakılmış, ancak fakültelerdeki sayısal tasarım kapsamında değerlendirilen ortak dersler çalışmanın örnekleme dâhil

edilmiştir. Çalışmanın materyalini sayısal tasarım, mimarlık ve tasarım eğitimi arakesitinde yapılan araştırmalara yönelik makale, tez ve bildirilerle birlikte, Türkiye’de bulunan lisans programlarının Bologna verileri oluşturmaktadır. Çalışmada nicel araştırma deseni kullanılmıştır ve çalışma 5 aşamadan oluşmaktadır. İlk olarak çalışma kapsamında literatür okuması yapılmıştır. İkinci aşamada üniversitelerin lisans programlarında yer alan sayısal tasarım dersleri içerik analizi yöntemi ile tespit edilmiştir. Üçüncü aşamada bu dersler analiz edilerek niceliksel verilere ulaşılmıştır. Dördüncü aşamada kodlama, yazılım ve dijital fabrikasyon derslerinin ülke genelindeki müfredatlarda yer alma yoğunluğu, devlet ve vakıf üniversitelerine göre dağılımları, teorik uygulama saatlerine yönelik bulgulara yer verilmiştir. Beşinci aşamada ise araştırma sorularına yönelik genel değerlendirmelere yer verilerek bu derslerin iç mimarlık eğitiminde meydana getirdiği değişim ve gelecekte nasıl bir etkisi olacağına dair görüşlere yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sayısal Tasarım Dersleri, İç Mimarlık Eğitimi, Sayısal Tasarım

Quantitative Analysis of Digital Design Courses in Interior Architecture Undergraduate Education Curriculum

FİLİZ TAŞSAN¹, NİSA NUR GÖKSEL²

¹Karadeniz Technical University, ²Fatih Sultan Mehmet Vakıf University
¹ftavsan@hotmail.com, ²ngoksel@fsm.edu.tr

Abstract

In light of the technological developments since the production of the first computer ENIAC in 1941, changes have emerged in many branches of science related to social life. All technological revolutions on computers and the internet continue to leave permanent traces in education and architecture departments. In the discipline of interior architecture, which is directly related to architecture, the importance of computer use in both practice and education is very important. When looking at international interior architecture programs, visualization and modeling for digital presentation methods; digital fabrication for production; It is seen that coding languages that allow algorithmic, parametric, or productive design are included in the curriculum. Within the scope of the study, the current status of digital design courses in interior architecture and interior architecture environmental design undergraduate programs in our country was questioned. The curriculum of undergraduate programs in Turkey were examined, and the digital courses were analyzed over Bologna data. The study aims to make a classification for digital design courses and to analyze the distribution of this classification over the programs throughout the country. In this context, the research questions to be answered are as follows: “How many software/coding/digital fabrication courses are in undergraduate programs?” “Which software/coding language / digital fabrication tools are taught/used in undergraduate programs?” “In which semester are digital design courses given?” “How many credits are the digital design courses mainly?” “What is the weight of the digital design courses as compulsory/elective?” While these research questions were answered by examining the data of interior architecture / interior architecture environmental design undergraduate programs in Bologna; architecture, industrial design, landscape architecture, etc. departments were excluded from

the scope of the study, but common courses evaluated within the scope of digital design in faculties were included in the sample of the study. The material of the study consists of the Bologna data of the undergraduate programs in Turkey, together with the articles, theses, and papers on the research conducted at the intersection of digital design, architecture, and design education. Quantitative research design was used in the study and the study consists of 5 stages. First of all, literature reading was made within the scope of the study. In the second stage, the digital design courses in the undergraduate programs of the universities were determined by the content analysis method. In the third stage, these lessons were analyzed, and quantitative data were obtained. In the fourth stage, the intensity of coding, software, and digital fabrication courses in the curricula across the country, their distribution according to state and foundation universities, and the findings regarding theoretical practice hours are given. In the fifth stage, general evaluations regarding the research questions are given and opinions about the change that these courses have brought about in interior architecture education and how it will affect the future are given.

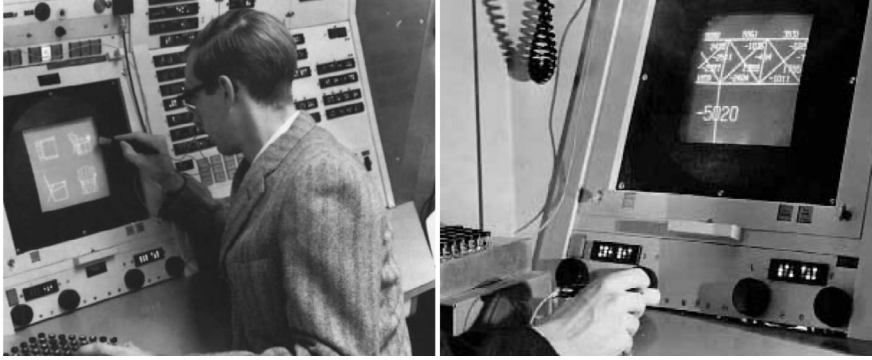
Keywords: Digital Design Courses, Interior Architecture Education, Digital Design

1. GİRİŞ

Yükseköğretim Kurumu 2022 verilerine göre ülkemizde toplamda 78 iç mimarlık ve iç mimarlık ve çevre tasarımı bölümü bulunmaktadır. Sayısal puanla öğrenci alan iç mimarlık lisans programı 36, eşit ağırlıkla öğrenci kabul eden iç mimarlık ve çevre tasarımı lisans programı 42'dir. İç mimarlık lisans programınının 17'si, iç mimarlık ve çevre tasarımı lisans programınının 6'sı devlet üniversitelerinde bulunmaktadır. Vakıf üniversitelerinde programın daha fazla yer aldığı gibi bu programların sayısı her geçen gün artmaktadır. Lisans programlarının sayısının ve öğrenci sayısının artması ile müfredatın uluslararası düzeydeki programlarla denk tutulmasını zorlaştırmaktadır.

Genel çerçeveden bakıldığında mimarlık zamana özgü gereksinimleri karşılamayı hedef edinmiş sürekli gelişen yapısal bir sanat olarak tanımlanmaktadır (Gür,2017: sf11). Mimarlık eğitiminin de bu anlayışa yetkin tasarımcılar yetiştirmesi için müfredatlarını güncel tutması gerekmektedir. Günümüzde mimari tasarımda makine öğreniminden fabrikasyon teknolojilerine, yapay zekâdan Büyük Veriye (Big Data) kadar olan tüm sayısal araçların kullanımının, her geçen gün hızlı bir şekilde yaygınlaştığını görülmektedir (Space10, n.d.). Bu sayısal ortamlara yönelik ilginin artması, kullanılan araçların öğretilmesine yönelik derslerin mimarlık eğitiminde de yer almasını gerekli kılmaktadır.

20. yüzyılın ikinci yarısında yaşanmaya başlanan ve 21. yüzyıla damgasını vuran bilgi ve iletişim teknolojilerindeki büyük gelişmeler birçok disiplini etkilemektedir (Brooks, 2014). Mimarlık ve ilişkili disiplinlere dâhil olan sayısal ortamlar da sürekli yapısal değişikliklere uğramaktadır (Önder,2002). Tek boyutlu yazıya dayalı arabirimler yerlerini, iki boyutlu görsel grafik tabanlı uygulamalara ve bugünlerde sanal gerçeklik uygulamalarıyla birlikte 3 boyutlu eş zamanlı dönüşen bir ortama bırakmıştır (Önder, 2002). Tek boyutlu yazıya dayalı bilgisayar etkileşimli grafikler MIT Laboratuvarında Ivan Sutherland'in geliştirdiği sketchpad sistemi ile başlamıştır ve 1960'larda mimarlık ofislerinde yerini almıştır (Bardak,2007) (Şekil 1). CAD sistemleri 1970'lerde, 80'lerde sürekli gelişerek üç boyutlu modelleme araçlarına geçilmiş, hareketli görselleştirme (animasyon) veya malzeme, ışık gibi sanal mekânların oluşturulmasına başlanmıştır.



Şekil 1: Ivan Sutherland Sketchpad'i kullanırken (sol: Erioli, 2020) Sketchpad arayüzü (sağ: Bahren, 2003)

Sayısal tasarım analog yaklaşıma göre daha etkili, üretkenliği artıran ve farklı sonuç ürün alternatiflerini pratik bir şekilde elde edilmesini sağlayan bir yöntemdir. Bilgisayar yardımıyla oluşturulan tasarımda üretilmiş çözümün ya da temsil edilen çözümün aktarılması amacıyla geliştirilen çizim algoritmaları yıllardır yaygın olarak kullanılmaktadır (Sağlamer,1977). Sektöre ve uluslararası eğitime denklik sağlanması için sayısal tasarım ve fabrikasyon yöntemleri eğitim sürecinin bir parçası haline gelmelidir (Gökoğlu, 2021). Günümüzde iç mimarlık eğitiminde de teknolojinin yansımaları tasarım ve üretim süreçleri bağlamında kendini göstermektedir. İç mimarların teknolojiyi daha fazla kullanmalarını sağlayacak derslerin verilmesi, mesleki becerilerini geliştirmelerini de sağlayacaktır. Bunun için de eğitim müfredatının uluslararası eğitim programlarının sürekli takip edilip mevcut programın güncellenmesi gerekmektedir. Soliman, Taha ve Sayad (2019) yaptığı çalışmada 9 farklı ülkeden 20 üniversite ile anket çalışması yaparak mevcut müfredattaki bilgisayar kullanımı durumunu tespit edilmiştir. Üniversitelerdeki dersler 2 boyutlu ve 3 boyutlu sunum, BIM, Parametrik tasarım, GIS, sayısal fabrikasyon, simülasyon, çevresel teknoloji, inşaa teknolojisi, iletişim, programlama, kodlama ve Script oluşturma olarak 10 başlıkta toplanmıştır. En çok kullanılan yazılımlar sırasıyla Autocad (%96,92), Adobe Photoshop (%92,31), 3D Studio Max (%73.85) olduğu tespit edilmiştir. Uluslararası okullarda parametrik tasarım, dijital fabrikasyon ve Script oluşturma gibi teknolojilerin yeni yeni uygulanmaya başlandığı belirtilirken, Grasshopper gibi araçlarla algoritmik düşünceye yönelik uygulamaların müfredata dâhil edilmesi önerilmektedir (Soliman, Taha ve Sayad, 2019). İç Mimarlık eğitiminin yurtdışındaki programlarda eğitim süresi ve meslek tanımı değişikliği göstermektedir. ABD'deki ve Avrupa'daki iç mimarlık eğitiminin

karşılığı Türkiye'deki karşılığından oldukça farklıdır. Eğitim programlarının “Interior Design” ve “Interior Architecture” olarak farklılık göstermesi nedeniyle doğrudan uluslararası programlarla kıyaslama yapılmamıştır. Ancak KU Leuven üniversitesinde yer alan İç Mimarlık lisans programının içeriğine bakıldığında eğitimin ilk yarıyılarında sayısal tasarım derslerinin Laboratuvar Dersleri başlığı altında yer aldığı Autocad, Rhino, Grasshopper'a Giriş, Indesign ve Photoshop gibi yazılımların öğretildiği görülmektedir (KU Leuven, n.d.).

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

Çalışmada veri toplama aracı olarak Yükseköğretim Kurumuna bağlı iç mimarlık ve iç mimarlık çevre tasarımı lisans programı bulunan üniversitelerin bölüm sayfalarında yayınlanan Bologna verilerinden faydalanılmıştır. Bologna verisine erişilemeyen programların bölüm başkanları veya ilgili öğretim üye ve elemanları ile iletişime geçilerek eksik veriler tamamlanmaya çalışılmıştır. Geri dönüş alınamayan bölümlere ait veriler çalışmanın sınırlılığını oluşturmaktadır. Bologna verisinde sayısal ortamda yapıldığı belirtilen kodlama, dijital fabrikasyon, 2 boyutlu veya 3 boyutlu temsil oluşturma, piksel veya vektör tabanlı görselleştirme, parametrik / üretken / algoritmik tasarım anlayışına yönelik içeriği bulunan dersler tespit edilmiştir. Verilerin değerlendirilmesinde içerik analizi yaklaşımı kullanılmıştır. Araştırma sorularına verilecek cevaplar göz önüne alınarak, verilerde sınıflandırma yapılmış üniversite adı, üniversitenin türü, ders adı, kredi, teorik / uygulama, dersin verildiği yarıyıl, öğretilen yazılım / kodlama dili / dijital fabrikasyon gibi başlıklar altında sınıflandırma yapılarak Microsoft Excel yazılımı üzerinde sayısal ortama aktarılmıştır. Bu veriler niceliksel olarak analiz edilmiştir.

2.1. Verilerin Toplanması

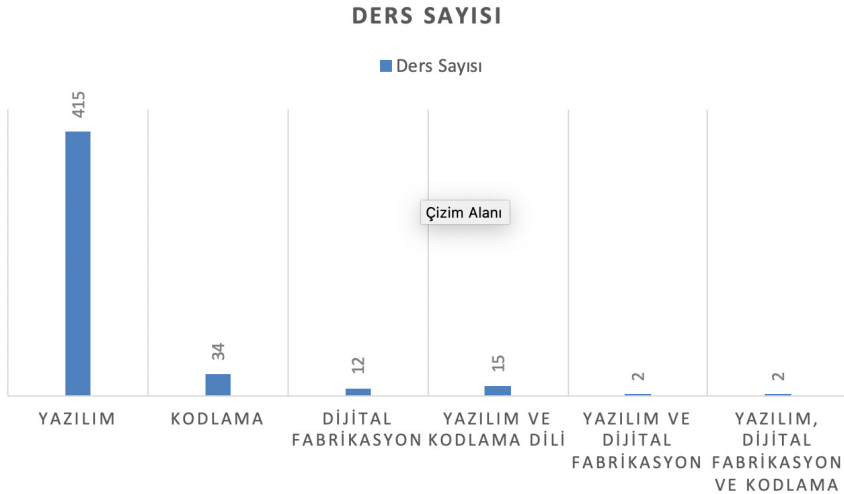
Çalışmada veri toplama aracı olarak Yükseköğretim Kurumuna bağlı iç mimarlık ve iç mimarlık çevre tasarımı lisans programı bulunan üniversitelerin bölüm sayfalarında yayınlanan Bologna verilerinden faydalanılmıştır. Bologna verisine erişilemeyen programların bölüm başkanları veya ilgili öğretim üye ve elemanları ile iletişime geçilerek eksik veriler tamamlanmaya çalışılmıştır. Geri dönüş alınamayan bölümlere ait veriler çalışmanın sınırlılığını oluşturmaktadır. Bologna verisinde sayısal ortamda yapıldığı belirtilen kodlama, dijital fabrikasyon, 2 boyutlu veya 3 boyutlu temsil oluşturma, piksel veya vektör tabanlı görselleştirme, parametrik / üretken / algoritmik tasarım anlayışına yönelik içeriği bulunan dersler tespit edilmiştir.

2.2. Verilerin Analizi

Verilerin değerlendirilmesinde içerik analizi yaklaşımı kullanılmıştır. Araştırma sorularına verilecek cevaplar göz önüne alınarak, verilerde sınıflandırma yapılmış üniversite adı, üniversitenin türü, ders adı, kredi, teorik / uygulama, dersin verildiği yarıyıl, öğretilen yazılım / kodlama dili / dijital fabrikasyon gibi başlıklar altında sınıflandırma yapılmış ve Microsoft Excel yazılımına aktarılarak nitel veriler nicel verilere dönüştürülmüştür.

3. BULGULAR

Çalışma kapsamında sayısal ortamda kullanılan araçlar kodlama, yazılım ve dijital fabrikasyon olarak gruplandırılmıştır. Modelleme, 2d çizim, vektör ve piksel tabanlı programlar, aydınlatma / havalandırma, metraj hak ediş hesaplamalarının yapıldığı programların tamamı yazılım başlıkları altında değerlendirilmiştir. İçerik analizi sonuçlarına göre 78 lisans programına ait toplamda 480 farklı sayısal tasarım dersi elde edilmiştir. Üniversitelere bağlı olarak sayısal tasarım derslerinin dağılımı Tablo 1’de verilmiştir. Vakıf üniversitelerinde bulunan sayısal tasarım derslerinin devlet üniversitelerine oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Bu derslerin %88’i yazılım öğretilen veya kullanılan derslerden oluştuğu görülmüştür. 480 ders arasında 415 yazılım,12 dijital fabrikasyon dersi, 34 kodlama dersi bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 2).

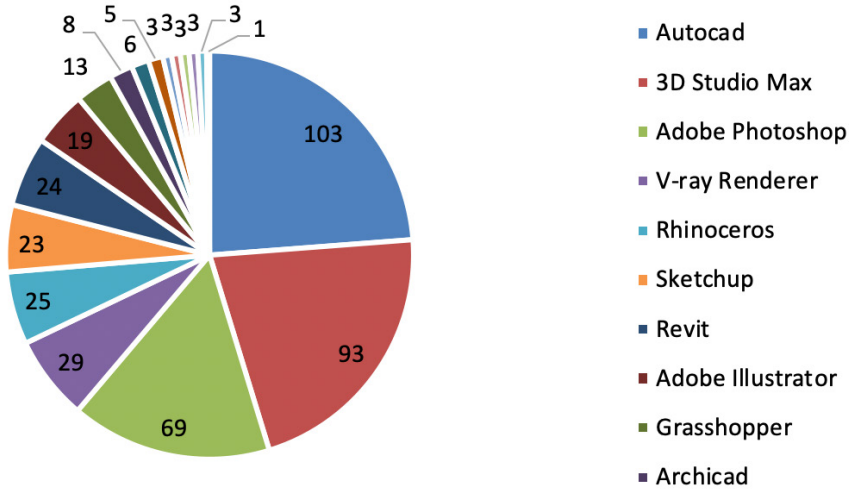


Şekil 2. Sayısal Tasarım Ders Türünün Dağılımı

Müfredatta toplamda yalnızca kodlama dili içerikli 34 ders bulunmaktadır. İstanbul Teknik Üniversitesi'nin müfredatına bakıldığında ilk yarıyılında iç mimarlık lisans öğrencilerine zorunlu olarak Python kodlama dili öğretildiği görülmektedir. Programlamaya Giriş- Python (İTÜ) ve Hesaplamalı Düşünme (KHAS) olmak üzere 2 dersin zorunlu olarak verildiği görülmektedir. Diğer kodlama ile ilgili dersler üniversite bölüm veya ortak seçmeli dersi olarak verilmektedir. Bologna verilerine erişilebilen derslerde öğretilen programlama dilleri Python 5 , C / C++ dilleri 4 , HTML 4 , Processing / Java 3 , Web Plus X6 Starter Edition 1 olarak tespit edilmiştir.

Lisans programlarının tamamında en az 1 adet yazılım öğretilen ders bulunmaktadır. Bu derslerin 216'sı seçmeli, 214'ü zorunlu olarak verildiği tespit edilmiştir. 6 dersin zorunlu /seçmeli verilme durumuna erişilememiştir. Yazılım derslerinin verildiği yarıyıllara göre dağılımı ise 3. Yarıyılıda 89, 4.yarıyılıda 73 olduğu görülmüştür. Yazılım derslerinin ağırlıklı olarak 3. Yarıyıldan itibaren verildiği sonucu çıksa da, 1. Yarıyıldan itibaren yazılım içerikli derslerin sayısı 25 'tir. Derslerin Bologna verilerinde dönem kısıtlaması yapılmayan 3. Dönem ve sonrasında da seçilebilen esnek programlanmış dersler de bulunduğu tespit edilmiştir.

Yazılım dersleri kapsamında öğretilen veya kullanılan yazılımlara bakıldığında en çok öğretilen yazılımlar Autocad 103, 3D Studio Max 93, Adobe Photoshop 69, V-ray Renderer 29, Rhinoceros 25, Sketchup 23, Revit 24, Adobe Illustrator vb. 19, Grasshopper 13, Archicad 8, Corona Renderer 6, Cinema 4D 6, Lumion 5, Dynamo 3, Artlantis 3, GIS 3, Fusion 360 3, Coral Draw 3, Mental Ray Renderer 2, Catia 2, Pepakura 2, SolidWorks 2, Heavy M 1, MAYA 1, Blender 1, CBS 1, Allplan 1, Keyshot 1, Movie Maker 1, Twinmotion 1, Sketchbook 1 şeklinde sıralanmıştır. Bu yazılımlar haricinde öğrencilere temel bilgisayar derslerinde Microsoft Yazılımlarının öğretildiği 8 ders bulunmaktadır (Şekil 3).



Şekil 3: Öğretilen yazılımların yüzdelik dağılımı

4. SONUÇLAR

Çalışma kapsamında iç mimarlık eğitiminde sayısal tasarım derslerinin niceliksel analizi yapılmıştır. Bu analiz sonucu her üniversitede en az 1 yazılımın öğretildiği sayısal tasarımla ilişkili ders olduğu tespit edilirken, kodlama ve dijital fabrikasyon uygulamalarının günümüzdeki müfredatta sınırlı olarak yer aldığı görülmüştür. Çalışmanın araştırma soruları sırasıyla yanıtlanacak olursa; lisans programlarında ne kadar yazılım/ kodlama/ dijital fabrikasyon dersi bulunduğu bakıldığında 480 derse ulaşılmıştır. Lisans programlarında hangi yazılımlar / kodlama dili / dijital fabrikasyon araçları öğretildiği sorgulandığında kodlama dili olarak en fazla Python, yazılım olarak en fazla Autocad yazılımı olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Sayısal tasarım dersleri hangi yarıyıldan verildiği sorgulandığında en çok 3. Yarıyıldan itibaren müfredatlarda yer verildiği sonucu ortaya çıkmıştır. Sayısal tasarım derslerinin kredi ağırlıklarının sırasıyla en çok 4 AKTS (156), 3 AKTS (138), 5 AKTS (95), 6 AKTS (26), 7 AKTS (8), 1 AKTS (4) 8 AKTS (2) olduğu tespit edilmiştir. Seçmeli zorunlu olma durumlarına bakıldığında ise sayısal tasarım derslerinin 223 zorunlu, 253 seçmeli olarak verildiği görülmüştür.

Ders içeriklerinden elde edilen yazılımlara bağlı olarak 2 boyutlu temsil araçları için Autocad'in en çok tercih edildiği, piksel ve vektör tabanlı sayısal tasarım araçlarında ağırlıklı olarak Adobe Photoshop kullanıldığı, 3 boyutlu modelleme araçlarından en çok 3d Studio Max'in öğretildiği, görselleştirme araçlarından en çok V-ray Renderer motorunun tercih edildiği görülmüştür. Rhino/

Grasshopper ve Revit /Dynamo gibi üretken ve algoritmik tasarım anlayışlarına yönelik dijital ortamda gerçekleştirilen hesaplamalı tasarıma yönelik derslerin de güncel müfredatta sınırlı olarak yer verildiği görülmüştür. Üniversitelerin yazılım, kodlama ve fabrikasyon araçlarını aynı derste buluşturduğu sınırlı sayıda dersi bulunmaktadır. Öğrencilerin sadece kendilerine öğretilen yazılımın olanakları ile temsil aracı olarak kullanacakları anlayıştan ziyade, sayısal tasarım araçlarının tasarımın tüm sürecine dâhil olduğu, sınırlı kaldığı durumda tasarımcının ara yüzler / eklentiler ekleyebileceği bir anlayışla sayısal tasarım derslerinin verilmesi gerektiği düşünülmektedir. Günümüzde oldukça popüler olan parametrik, üretken ve algoritmik tasarım anlayışına yönelik yazılım, kodlama ve fabrikasyon derslerinin çoğaltılmasının uluslararası eğitim programlarına denk bir müfredata sahip olunmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Müfredatta yer alan dersler haricinde çeşitli workshop ve seminerlerle eğitimde bu açıklığın kapatılmaya çalışıldığı görülse de, 4 yıllık iç mimarlık eğitiminde bu derslere müfredatta yer verilmesinin öğrencilerin konu ile ilgili bilgisinin ve yetkinliğinin kalıcı olarak artmasına daha fazla olanak sağlayacaktır. Tasarım eğitiminde tıpkı Bauhaus'ta yaşanan tasarım devrim gibi, bilişim çağında da bir devrimin süregeldiği, dijital araçların bir değişime yol açtığı görülmektedir. Üniversite ve bölüm türüne bağlı olmaksızın tasarım eğitiminde sayısal tasarım derslerinin içeriği, amacı ve çıktılarına yönelik ortak bir müfredatın belirlenmesinin, eğitimde oluşan bu değişikliğin bütün programlarda yakın sonuçlara yol açmasını destekleyeceği, sayısal tasarım araçları kullanımında eşit yetkinliklere sahip tasarımcıların yetiştirilmesini sağlayacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Bahren,R. (2003). Next Generation Interfaces. Retrieved May 18, 2023, from <https://kisd.de/~rbaehren/sketchpad.htm>
- Bardak, S. (2007). İç mimarlık eğitiminde bilgisayar destekli tasarımın yeri ve sorunları.(213939) [Master's thesis, Mimar Sinan Güzel Sanatlar Üniversitesi].YÖKTEZ. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Brooks, P. (2014). TÜBİTAK Popüler Bilim Kitapları Sorular ve Cevaplar Nasıl Çalışır? (1st ed.).TÜBİTAK Yayınları.
- Erioli, A. (2020). Architectural Design in the Age of Enhanced Artificiality. *Architecture Today*.11. 10.6092/issn.2036-1602/9323.
- Gökoğlu, M.D.(2021). Revealing the potential of human-centered design in architecture.(671741) [Master's thesis, İhsan Doğramacı Bilkent

- Üniversitesi].YÖKTEZ.
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Gür, Ö., Ş. (2017). Bir Eleştiri Olarak Mimari Tasarım Stüdyosu, In Ş.Ö. Gür (Eds), Mimari Tasarım Eğitime Çağdaş Önermeler (1st ed.,pp.1-23), YEM Yayınevi.
- KU Leuven. (n.d.). Onderwijsaanbod 2022-2023.Retrieved May 18,2023, from https://onderwijsaanbod.kuleuven.be/opleidingen/n/SC_51523047.htm#bl=03,0501
- Önder, A. (2002). Siber Uzayda Mimarlık Sanal Dünyada Gerçek Mimarlar. In N. Togay (Eds), Arredamento Mimarlık Çağdaş Mimarlık Sorunları Dizisi: Mimarlık ve Sanallık (1st ed., pp.45-57), Boyut Yayınevi.
- Sağlamer, G. (1982). Mimari Tasarımda Çözümün Tanımı ve Nesnel Olarak Değerlendirilmesi. İstanbul: İ.T.Ü. Matbaası.
- Soliman, S.,Taha, D., and El Sayad, Z. (2019). Architectural education in the digital age. Alexandria Engineering Journal. 58. 10.1016/j.aej.2019.05.016.
- Space10.(n.d.). The Digital in Architecture: Then, Now and in the Future. Space10 Research and Design Lab.Retrieved Feb 2, 2023, from <https://space10.com/project/digital-in-architecture/>

Form Bulma Arayışında Izgara Kabuk Sistemlerin Mimarlık Eğitiminde Değerlendirilmesi

TAYİBE SEYMAN GÜRAY¹, BURCU KISMET²

¹Fenerbahçe Üniversitesi, ²Beykoz Üniversitesi

¹tayibe.guray@fbu.edu.tr, ²burcukismet@beykoz.edu.tr

Özet

Mimarlık eğitiminin temel problemlerinden biri öğrencilerin form – strüktür ilişkisini kurmakta yaşadıkları zorluklar ve form – strüktür ilişkisini bütünleşik düşünememeleridir. Aynı zamanda strüktür ve malzemeden bağımsız sadece formal kaygılara dayalı mimarlık bakış açısı da vardır. Oysaki, günümüzde, sadece formun düşünüldüğü tasarım yaklaşımları yerine strüktür, enerji, malzeme gibi çok amaçlı performans hedeflerinin olduğu bütünleşik tasarım yaklaşımları ve yenilikçi sistemler tercih edilmektedir.

Bu bağlamda, mimarlık alanında yenilikçi yaklaşımlardan biri olan ızgara-kabuk (grid-shell) sistemlerinin mimarlık eğitiminde değerlendirilmesine bu çalışma için uygun görülmüştür. Bu sistemler, form bulma sürecinde esneklik sağlamakta, form-strüktür bütünlüğünü anlatmakta, erken tasarım aşamalarında muğlak ve yaratıcı bir tasarım keşfi için gerekli ortamı sağlamaktadır. Bu amaçla, ızgara kabuk sistemlerin potansiyelini değerlendirmek üzere form, strüktür ve yapım tekniklerini konu alan “Yapı Teknolojileri” dersi projesi kurgulanmış ve mimarlık bölümü öğrencileri tarafından uygulanmıştır. Kurgulanan sistem, öğrencilerin bireysel ve grup çalışmalarını içermekte olup farklı malzeme, ölçek ve tekniklerle denemeler yaparak form bulma ve yapma süreçlerini hayata geçirmelerini sağlamıştır. Bu çalışma, önerilen sistem, sistemin mimarlık eğitimine uygulanması, sistemin öğrenciler ve yazarlar tarafından değerlendirilmesini içermektedir.

Anahtar Kelimeler: Mimarlık eğitimi, Form bulma, Izgara kabuk sistemler, Yapı teknolojileri, Y yaparak öğrenme

Evaluating Grid Shell Structures during Form-Finding in Architectural Education

TAYİBE SEYMAN GÜRAY¹, BURCU KİSMET²

¹Fenerbahçe University, ²Beykoz University

*tayibe.guray@fbu.edu.tr, *burcukismet@beykoz.edu.tr

Abstract

One of the main problems of architectural education is the difficulties experienced by students in establishing the relationship between form and structure and their inability to build the relationship between form and structure in an integrated manner. At the same time, there is an architectural education based only on formal concerns, independent of structure and material. However, today, instead of design approaches in which only form is considered, integrated design approaches and innovative systems with multi-purpose performance goals such as structure, energy and materials are preferred. In this context, the evaluation of grid-shell structures, which is one of the innovative approaches in the field of architecture, in architectural education was deemed appropriate for this study. These systems provide flexibility in the form-finding process, explain the form-structure integrity, and provide the creative environment for an ambiguous design exploration in the early design stages. For this purpose, the “Building Technologies” course project, which deals with form, structure and construction techniques, was designed and implemented by the students of the architecture department in order to evaluate the potential of the grid shell structures. The designed system includes individual and group work of students and enabled them to realize the process of finding and making forms by experimenting with different materials, scales and techniques. This study includes the proposed system, its application to architectural education, and the evaluation of the system by students and authors.

Keywords: Architectural education, Form finding, Grid shell structures, Building technologies, Learning by doing

1. GİRİŞ

Mimarlık eğitiminin temel problemlerinden biri öğrencilerin form – strüktür ilişkisini kurmakta yaşadıkları zorluklar ve form – strüktür ilişkisini bütünlüklü düşünememeleridir. Oysaki, günümüzde, sadece formun düşünüldüğü tasarım yaklaşımları yerine strüktür, cephe, performans gibi çok amaçlı performans hedeflerinin olduğu bütünlüklü tasarım yaklaşımları tercih edilmektedir. Bunun sebepleri arasında malzeme, inşaat ve bilişim alanındaki yenilikçi yaklaşımlar, Endüstri 4.0'ın sağladığı teknolojik gelişmeler ve bunların mimarlık sektörü ile bütünlüklü olması vardır. Bu bağlamda, mimarlık alanında yenilikçi yaklaşımlardan biri olan ızgara-kabuk (grid-shell) sistemlerinin mimarlık eğitiminde değerlendirilmesine bu çalışma için uygun görülmüştür. Bu sistemler, form bulma sürecinde esneklik sağlamakta, form-strüktür bütünlüğünü anlatmakta, erken tasarım aşamalarında muğlak ve yaratıcı bir tasarım keşfi için gerekli ortamı sağlamaktadır (D'Amico et al., 2015; Mesnil et al., 2018). Kabuk sistemler, antik dönemlerden itibaren kullanılan yapım tekniklerindedir. 1960'lı yıllarda Frei Otto, Isler, Fuller, Candela gibi öncü mimarlar tarafından bilgisayar desteksiz – manuel sistemler olarak ele alınıp, deneysel çalışmalarla geliştirilmiştir. Ancak özellikle 2000'lerin ikinci yarısından itibaren hem bilgisayar destekli mimari tasarım (CAD) programlarının gelişmesi ve yaygınlaşması, optimizasyon konularının önemini kavranması ve dijital fabrikasyon alanında meydana gelen gelişmeler hesaplamalı tasarım ve parametrik tasarımının önemini ve tasarım yaklaşımının bu yöne kaymasına sebep olmuştur.

Hesaplamalı tasarım, sayısal ve belirli bir kurala dayalı üretken tasarımlara ulaşmayı hedeflerken, parametrik tasarım bir değişkene bağlı olarak mimari tasarımın formunun tamamının veya bir kısmının değişmesi olarak tanımlanabilir (Singh&Gu, 2011; Menges&Ahlquist, 2011). Izgara kabuk sistemler de hem hesaplamalı tasarım yaklaşımlarının hem de dijital fabrikasyon yöntemlerinin gelişmesi ile potansiyeli fark edilen bir yapı teknolojisidir. Sürdürülebilirlik konuların son derece acil olarak dünya gündeminde olması, optimum malzeme, optimum enerji ve optimum form üzerinden tasarım yapmayı ön plana çıkarmaktadır. Aynı zamanda, bu sistemler, araştırmacıların ve mimarlık okullarının form bulma sürecinde kullandığı yöntemlerdendir. Örneğin, MIT, Princeton University, Aarhus University, University of Bath, Anhalt University, Edinburgh Napier University okullarında form bulma, strüktür optimizasyonu, hafif yapım sistemleri (light-weighted structures) ve sürdürülebilir yapım yöntemleri ile ilgili olarak araştırma çalışmaları devam etmekte olup, mimarlık müfredatına entegrasyonu üzerine çalışmalar devam etmektedir (Adriaenssens vd., 2015). Türkiye'deki mimarlık bölümlerinin müfredatına bakıldığında, bu sistemlerin sınırlı sayıda dahil edildiği ve çok kısıtlı

sayıda makale ve tez çalışmaları bulunmaktadır. Örnek olarak, “YÖK tez” web sitesi “ızgara kabuk” anahtar kelimesi ile tarandığında sadece 3 teze ulaşılmaktadır ve bu 3 tez de 2020 yılına aittir. Bu durumda, bu sistemlerin gelişmeye açık, güncel bir araştırma alanı olduğu ve Türkiye’deki eğitim özelinde potansiyelinin tam olarak değerlendirilmediği görülmektedir.

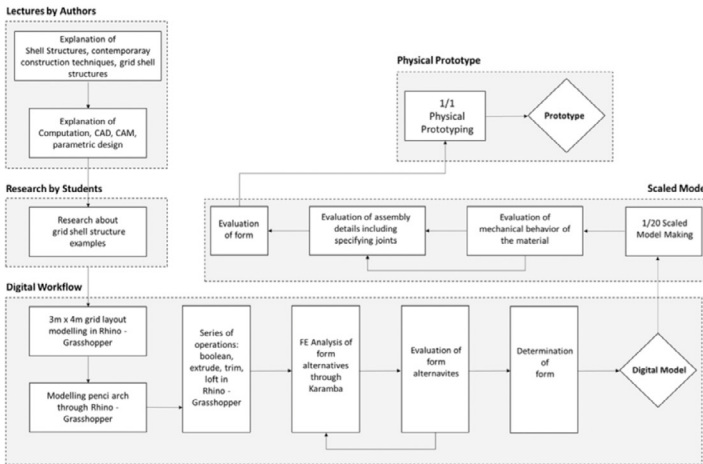
Bu çalışmanın amacı, mimarlık eğitimindeki form-strüktür ilişkisinin doğasını kavramayı sağlayan ve mimarlık sektörünün teknolojik dönüşümüne cevap verebilecek eğitim anlayışını mimarlık bölümüne kazandırmaktır. Bu amaçla, ızgara kabuk sistemlerin potansiyelini değerlendirmek üzere form, strüktür ve yapım tekniklerini konu alan “Yapı Teknolojileri” dersi ele alınacaktır. Izgara kabuk sistemler sayesinde esnek form bulma ve strüktür optimizasyonu kavramlarıyla öğrencilerin algısını arttırmak da araştırma projesinin diğer bir amacıdır. Aynı zamanda, bu konuda dersin uygulandığı üniversitede know-how birikimi edinmesi ön görülmektedir.

2. YAPARAK ÖĞRENME

Schön (1985)’e göre mimarlık eğitimini özelleştiren ve ayrıcalıklı kılan, deneyim ve yapma odaklı öğrenme sistemidir. Mimarlık eğitiminin günümüzdeki temelleri 1641’de Fransız Kraliyet Akademisi ile atılmış, diğer bir taraftan da eş zamanlı olarak usta-çırak öğrenmesine dayalı mimari üretim ve eğitim pratiği sürmüştür (Uluoğlu, 1990). 1797’de kurulan ve 19. yüzyılda Avrupa ve Amerika’ya yayılan Ecole des Beaux-Arts eğitim sistemi, uygulamanın okulla entegre hale getirilip, tasarım stüdyolarının mimari eğitim ile harmanlandığı mimarın kuramsal olarak da sistemin içinde yer aldığı model olup mimari tasarım eğitiminin gelişiminde önemli rol oynayan ilk köklü mimarlık okul sistemidir (Uluoğlu, 1990, Arıdağ ve Aslan, 2012 ve Onur ve Zorlu, 2017). 20.yüzyıl başında Bauhaus Okulu olarak yaparak öğrenmeye dayalı eğitim modeli ise tasarım ve üretim yapılan stüdyo temelli olup, tasarım eğitimi sınırlı biçim-düzen esaretinden kurtararak, uygulama ve deneyselliğe açmıştır. Mimarlık eğitimi, usta-çırak ilişkisinin sürdürüldüğü büyük stüdyo modelinden uzaklaşarak, grup yürütücüsünün ve grup üyelerinin paylaşımını esas alan katılımcı atölye ortamı dönüşmüştür (Özkar, 2009 ve Cordan et al., 2012). Ayrıca 1960’lı yıllardan itibaren bilişim ve dijital kavramları tasarım stüdyolarına entegre edilmeye başlanmıştır (Çağdaş, 2000). 1990’larda, bilgi teknolojileri tüm dünyada hızla yaygınlaşması (Çağdaş ve Tong, 2005) ile öğrenme geleneksel olan didaktik derslerden uzaklaştırarak kendi kendini yönetme, grup çalışması ve iş birliğine- iş bölümüne dayalı akran öğrenimi, teknoloji destekli öğretim gibi farklı alanlarla günümüzde de devam etmektedir (Birt ve Cowling, 2018).

3. METODOLOJİ

Çalışmada, konstrüktivist yaklaşım benimsenerek Dewey'in "yaparak öğrenme" (Mala ve Singh, 2017) ortamlarında, öğrencilerin proje geliştirmeleri ve bunun üzerinden öğrenmenin gerçekleşmesin odaklanılmıştır. Proje odaklı öğrenme (POÖ) sayesinde bu yaklaşım eğitimde uygulanabilmektedir. Bununla birlikte, Duit (2016), konstrüktivist yaklaşımının teknik derslerin anlatılması ve öğrenilmesinde etkili olduğunu belirtmektedir. Bu sayede öğrenciler pasif – sadece dinleyici durumundan çıkıp, aktif ve üreten bireylere dönüşmektedirler (Kurt, 2011). Bu çalışma, teorik derslerde POÖ bileşenin tasarlanmasını ve öğrencilerin ders dönemi süresince bu süreci deneyimlemesini hedeflemektedir. POÖ bileşeni, ödev veya uygulama yapılması yerine; süreç içinde öğrenci ve yürütücü etkileşimi ile gelişen – dönüşen ve üretilen projeyi ifade etmektedir. Öğrencilerin, teorik bilgileri bireysel olarak değerlendirip bir üretim ortaya koymaları beklenmektedir. Bu yaklaşım, analiz-sentez-değerlendirme aşamalarından oluşan Bloom'un taksonomisi (1956) ile de uyumludur. Çalışmanın yöntemi, ızgara kabuk sistemler ile bütünleşik POÖ bileşeni tasarımı çerçevesinde Yapı Teknolojileri dersinin tasarımı ve uygulanmasını kapsamaktadır. Model, 2022-2023 Güz dönemi boyunca geliştirilmiş ve X Üniversitesi Mimarlık Bölümü'nde Yapı Teknolojileri dersine uygulanmıştır. Bu çalışma kapsamında öğrencilerin bilgi düzeyi ve birikimleri düşünülerek 3.sınıf düzeyinde Yapı Teknolojileri dersi müfredatı bütüncül olarak ele alınmıştır. POÖ bileşenin tasarımı, özellikle form bulma (form-finding) kavramına odaklanıp form-strüktür ilişkisini öğrencilere daha iyi anlatmaya ve bu yaklaşım ile serbest formlar üretim denemelerini kapsamaktadır. Bu bağlamda yöntem akış diyagramı Şekil 1'de görülmektedir.



Şekil 1: Yöntem akış diyagramı

Dersi alan hedef öğrenci grubu 13 kişi olup, Yapı Bilgisi ve Malzemesi I, II, III, Mimarlıkta Dijital Medya I, II, Statik-Mukavemet gibi önceki dönemlerdeki dersleri almış olan lisans 3. sınıf öğrencileridir. Böylece öğrenciler dijital bilgi ve becerilerle birlikte yapı elemanları, yapım teknikleri, yapı malzemeleri, yapı sistemleri, taşıyıcı sistemler hakkında bilgi ve beceriye sahiplerdir. Dersin proje bileşeninin amaç, kapsam ve gereklerini açıklayan bir doküman olarak proje föyü hazırlanmış ve öğrencilere iletilmiştir. Izgara kabuk sisteme sahip bir pavilyonun Beykoz Sahil Etkinlik Alanı için tasarlanması istenmiştir. Bulunduğu alanla da ilişkili olabilecek, dinlenme, şarj istasyonu, bisiklet parkı gibi kamusal fonksiyonlardan bir veya birkaçını içermesi istenmiştir. Pavilyonun taban alanının 3m x 4m'yi geçmemesi, maksimum yüksekliğinin ise 3m olması beklenmektedir.

4. BULGULAR

Tasarlanan PBL bileşeninin öğrencilerle en etkin biçimde ders yürütücüsü ve ders araştırmacısının önderliğinde en etkin biçimde gerçekleşmiştir. Gerçekleme 3 alt aşamadan oluşmuştur: Izgara kabuk sistemlerle ilgili ders anlatımı, bireysel çalışma ile form bulma denemeleri, grup çalışması ile form bulma denemeleriyle bütüncül bakış geliştirme.

4.1. Izgara kabuk sistemler ders anlatımı:

Hesaplamalı tasarım, parametrik tasarım, dijital fabrikasyon kavramları ve yapı malzeme bilgileri öğrencilere aktarılmıştır. Özellikle ızgara kabuk sistemlerin tasarım prensipleri, strüktürel çalışma prensipleri ve teknik detayları üzerinde bilgi aktarılmıştır. Strüktürel davranışına göre, tabaka sayısına göre, ızgara düzenine göre ve formlarına göre ızgara kabuk sistemlerin farklı sınıflandırılmaları anlatılmıştır. Dünyadan farklı deneysel çalışmalar ve İsviçre'deki Swatch genel merkez binası gibi örnekler üzerinden değerlendirmeler yapılmıştır.

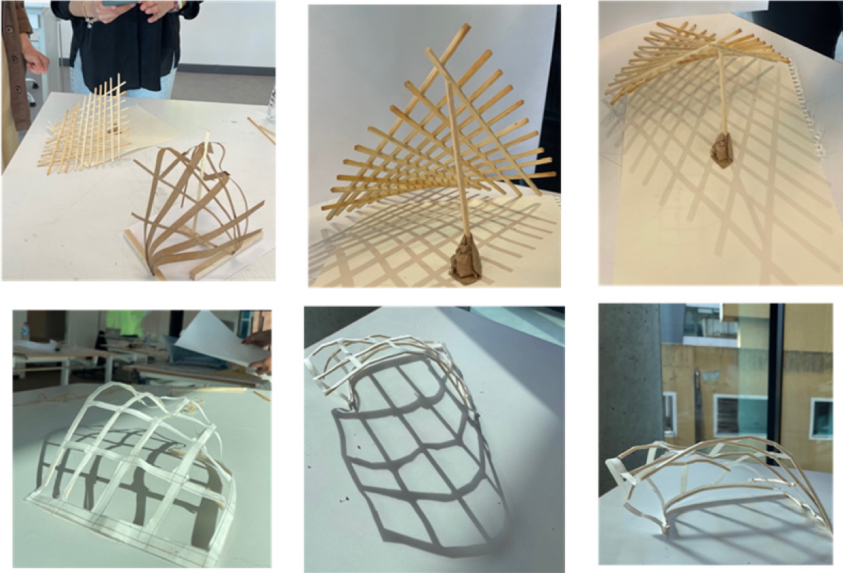
4.2. Bireysel çalışma:

Öğrencilerin alternatif geliştirmesi ve form bulma denemeleri ve 1/20 ölçekli maket üretimi ve modellenmesi. Öğrencilere dağıtılan proje föyü uyarınca istenen gereklere uygun ızgara kabuk sistem bir yarı açık pavilyon için malzeme, strüktür, birleşim detayı kararlarını vererek ve istenen fonksiyon uyarınca çalışılması istenmiştir. Form hem strüktürle hem de verilen fonksiyonun gerekleriyle şekillenirken malzemenin yapabilirlikleri kavranmıştır (Şekil 2).



Şekil 2: Bireysel form bulma denemeleri

Öğrenciler çıta, mukavva, maket kartonu, çöp şiş, kâğıt vb. gibi farklı malzemelerin ızgara kabuk strüktür oluşturabilirliği ile ilgili denemelerle algılarını geliştirmişlerdir. Şekil 3'te bu denemelerden elde edilen ürünlerin bir kısmı yer almaktadır.

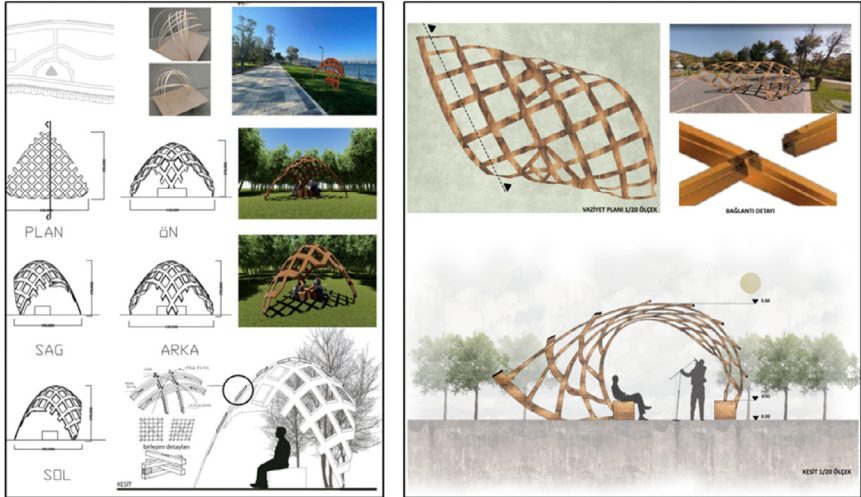


Şekil 3: Bireysel form bulma denemelerindeki üretimlerden bazıları

Bireysel çalışma maketleri yanı sıra 3 boyutlu modelleri ve plan, kesit, görünüş çizimleri ve bağlantı detaylarıyla pafta üretimleriyle malzeme-strüktür-form ilişkisi kurulmuştur (Şekil 4 ve Şekil 5).



Şekil 4: Öğrenci sonuç ürün paftaları (H. Özpolat, S. Fişne)



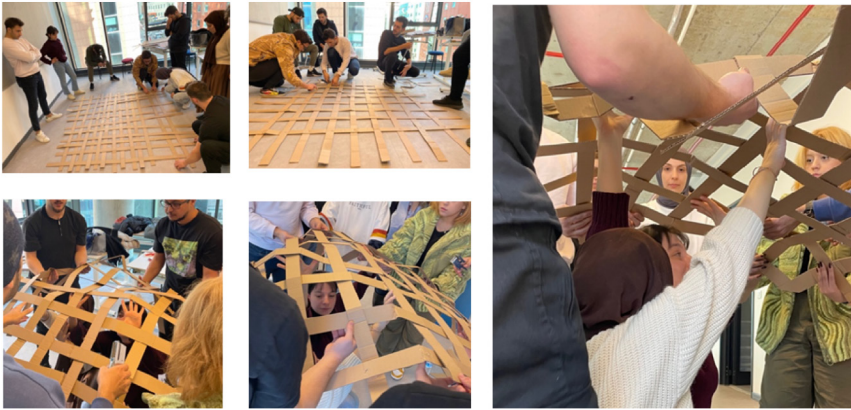
Şekil 5: Öğrenci sonuç ürün paftaları (Ş. Acarlıoğlu, B. Demirbağ)

4.3. Grup Çalışması- Form Bulma Denemeleri:

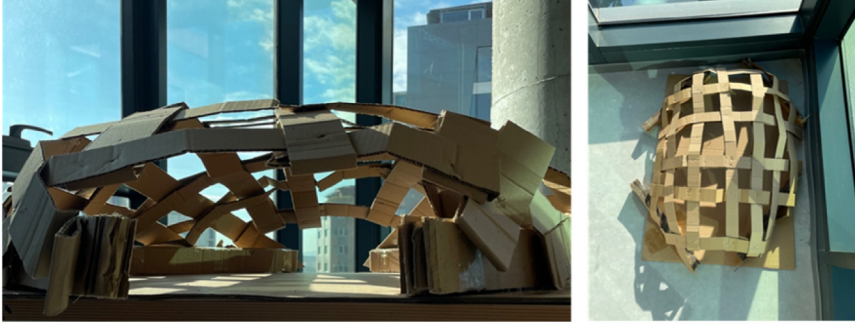
Grup çalışması önce teknik ve malzemenin belirlenmesi için ön denemeler yapılmışla başlamıştır. Oluklu mukavva malzemeyi şeritler halinde keserek ızgaraları oluşturma fikri kabul görmüş ve denemelerle ne kadar kalınlıkta olursa yeterli mukavemeti sağlayacağı tartışılmıştır. Izgara kabuğun yapımı için, mukavvadan kesilen şeritlerden oluşan iki boyutlu bir hasır- ızgara oluşturulmuştur. Daha sonra bu hasır-ızgaranın kenarlarından itilerek en üç boyutlu uygun formu alması deneyimlenmiştir. Bu sırada bağlantılar test edilmiş, kenarlarda rijit bağlantı kullanılarak iki eğrilikli yüzey kendi başına ayakta durabilir forma ulaşmıştır. Bununla birlikte, ızgaraların sıklığı, bağlantı detayı gibi kararlar denemeler yapılarak verilmiştir (Şekil 6,7 ve 8).



Şekil 6: Grup çalışması ile ilk kararlarla ilgili çalışmalar



Şekil 7: Form-strüktür çalışmalarını 1/5 ölçek



Şekil 8: Grup çalışması sonuç ürünü

4.4. Anket Çalışması

Gerçekleştirilen POÖ ve ızgara kabuk sistem form deneme çalışmaları çeşitli yöntemlerle değerlendirilmiştir. Bu çerçevede bir değerlendirme anketi Google Forms aracılığıyla oluşturulmuş ve dersi alan öğrencilere uygulanmıştır. Anket formu Şekil 9'da yer almaktadır. Anket kapsamında toplam 7 soru sorulmuş olup, tüm sorularda 5'li Likert Ölçeği kullanılmıştır.

Yapı Teknolojileri	
Form Bulma Aracı Olarak Iızgara Kabuk Sistemler	
1. 1. Dersten önce organik ve esnek formları denemeye çekiniyordum.	4. 4. Form bulma sürecinde ızgara kabuk sisteme odaklanarak çalışmanın form keşfetme becerimi geliştirdiğini düşünüyorum.
Yalnızca bir şıkki işaretleyin.	Yalnızca bir şıkki işaretleyin.
1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Kesinlikle katılıyorum.	Kesinlikle katılıyorum.
2. 2. Dersten önce organik ve esnek formların yapılarını anlamakta zorlanıyordum.	5. 5. Form bulma sürecinde maket ile alternatif formlar üretmenin form keşfetme ve tasarım becerimi geliştirdiğini düşünüyorum.
Yalnızca bir şıkki işaretleyin.	Yalnızca bir şıkki işaretleyin.
1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Kesinlikle katılıyorum.	Kesinlikle katılıyorum.
3. 3. Ders sırasında form ve yapı ilişkisini kavradım.	6. 6. Form bulma sürecinde maket ile üretim yapıları ve malzeme bilgisi ve bileşenlerini bütüncül olarak düşünmemi sağladı.
Yalnızca bir şıkki işaretleyin.	Yalnızca bir şıkki işaretleyin.
1 2 3 4 5	1 2 3 4 5
Kesinlikle katılıyorum.	Kesinlikle katılıyorum.
	7. 7. Grup çalışması ile büyük ölçekli maket üretimi, form-yapı-malzeme ilişkisini farklı açılardan sorgulamama sağladı.
	Yalnızca bir şıkki işaretleyin.
	1 2 3 4 5
	Kesinlikle katılıyorum.

Şekil 9: Anket formu (Google Forms üzerinden doldurulması istenmiştir.)

Anket kapsamında öğrencilerin Yapı Teknolojileri dersini almadan önceki tutumlarını anlamak üzere sorular birinci soruda % 53,9'u "katılıyorum" ve "kesinlikle katılıyorum" diyerek organik ve esnek formlardan daha önce çekindiklerini belirtmişlerdir. Bununla birlikte %30,8'i ise nötr oldukları

yönünde cevaplamıştır. Bununla birlikte ikinci soruda katılımcıların %69,2’i dersten önce organik ve esnek formları anlamakta zorlandıklarını belirtmiştir. Ders sırasında form-strüktür ilişkisini kavramış olmayı sorgulayan üçüncü soruda katılımcıların %75,9’u olumlu cevap vermiştir. Form bulma sürecinde ızgara kabuk sistemin etkisini araştıran dördüncü soruda %92,3 ‘ü katılıyorum ve kesinlikle katılıyorum olarak yanıtlamışlardır. Form bulma sürecinde maket ile çalışmanın katkısının sorgulandığı beşinci soruya katılımcıların %84,6’ı kesinlikle katılıyorum, %15;4’ü ise katılıyorum şeklinde cevap vermiştir. Ayrıca maket ile çalışmanın strüktür ve malzeme bilgi ve bileşenlerini bütüncül olarak düşünmeye katkısına katılımcılar %92,3 oranında “kesinlikle katılıyorum” şeklinde cevap vermiştir. Grup çalışması ile büyük ölçekli maket üretiminin form-malzeme-strüktür ilişkisini kavramaya olan katkısının sorgulandığı yedinci soruda cevapların %75’i kesinlikle katılıyorum, %16,7’i ise katılıyorum şeklindedir. Oldukça yüksek bir oranda form-strüktür-malzeme ilişkisini farklı açılardan sorgulamayı sağlaması açısından büyük ölçekli maketin grup çalışması ile üretiminin önemi vurgulanmıştır. Tablo 1’de sonuçlar detaylı olarak gösterilmektedir.

Tablo 1: Anket sorularına verilen cevaplar ve yüzde ile dağılımı

		Kesinlikle katılmıyorum	Katılmıyorum	Kararsızım	Katılıyorum	Kesinlikle katılıyorum
Soru 1	Dersten önce organik ve esnek formları denemeye çekiniyordum.	1 (%7,7)	1 (%7,7)	4 (%30,8)	2 (%15,4)	5 (%35,8)
Soru 2	Dersten önce organik ve esnek formların strüktürünü anlamakta zorlanıyordum.	-	1 (%7,7)	3 (%23,1)	1 (%7,7)	8 (%61,5)
Soru 3	Ders sırasında form ve strüktür ilişkisini kavradım.	-	1 (%7,7)	2 (%15,4)	2 (%15,4)	8 (%61,5)
Soru 4	Form bulma sürecinde ızgara kabuk sisteme odaklanarak çalışmanın form keşfetme becerimi geliştirdiğini düşünüyorum.	-	-	-	3 (%23,1)	9 (%69,2)
Soru 5	Form bulma sürecinde maket ile alternatif formlar üretmenin form keşfetme ve tasarım becerimi geliştirdiğini düşünüyorum.	-	-	-	2 (%15,4)	11 (%84,6)
Soru 6	Form bulma sürecinde maket ile üretim strüktür ve malzeme bilgi ve bileşenlerini bütüncül olarak düşünmemi sağladı.	-	1 (%7,7)	-	-	12 (%92,3)
Soru 7	Grup çalışması ile büyük ölçekli maket üretimi, form-strüktür-malzeme ilişkisini farklı açılardan sorgulamamı sağladı.	1 (%7,7)	-	-	2 (%15,4)	10 (%76,9)

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sürdürülebilirlik kavramının yapılı çevre ile ilgili tüm alanlarda önem kazandığı ve Endüstri 4.0 araçlarının kullanımının hızlandığı günümüzde mimarlık eğitiminin de bu yönde yaklaşımlar geliştirmesi gerekmektedir. Bu bağlamda bu çalışma sürdürülebilir bir yapı teknolojisi olarak gündemde olan ızgara kabuk sistemleri, form bulma denemelerinde “yaparak öğrenme” çerçevesinde kullanmayı hedeflemiştir. Böylece form-strüktür-malzeme ilişkisine bütüncül bakış getirme ve bunun için deneysel bir ortam sunmaya odaklanmıştır.

Bu çalışmanın başlıca bulgusu ızgara kabuk sistemlerin hem form bulma denemeleri için hem de form-strüktür malzeme ilişkisine bütüncül bakış için uygun bir sistem olduğudur. Birleşim detayları, malzemenin dayanımı, malzemenin müsaade ettiği şartlar, strüktürün forma etkisi gibi konular öğrenciler tarafından dönem boyunca sorgulanabilmiştir. Dönem sonunda dersi alan öğrenciler arasında yapılan anket çalışması da göstermektedir ki dersten önce %69,2’inin organik ve esnek formlardan çekindiği görülürken, öğrencilerin %92’i önerilen süreç sayesinde strüktür-malzeme-form ilişkisine bütüncül bakış getirmeye başladıklarını ifade etmiştir. Özellikle grup çalışmasının fikir alışverişi yaparak akran öğrenmesi ile olumlu katkısı olmuştur. %91,7’i grup çalışmasındaki maket üretiminin bu yöndeki katkısını olumlu şekilde değerlendirmiştir.

Izgara kabuk sistemler öğrencilerin form bulma sürecinde yenilikçi teknikleri ve teknolojileri deneyimlemeleri için fırsatlar sunmuştur. Bu çalışmanın ana katkılarında biri, öğrenciler için form ve strüktürün birbiriyle ilişkili olduğu bütünlük bir tasarım ortamı yaratmış olmasıdır. Öğrencilerin form ve strüktür davranışlarını daha iyi kavramalarına odaklanılmıştır. Ayrıca bu çalışma, günümüz dijital çağında inşaat sektörü profesyonelleri için çok daha önemli hale gelen hesaplamalı düşünme mantığına giriş niteliğindedir. Ek olarak, öğrenciler planlamanın, simüle etmenin ve ardından üretmenin önemine odaklanmışlar, bu da onların yönetim becerilerini artırmalarını sağlarken aynı zamanda da sofistike bir deneyim ortamı sunmuştur. Önerilen sürecin öğrencilerin bütünlük tasarıma yönelik algılarını geliştirdiği görülmüştür. Çevreye duyarlı yaklaşımlarla sürdürülebilir yapımlar açısından da bir bakış getirmiştir. Ayrıca, çevresel sürdürülebilirlik için, ızgara kabuk sistemler daha az malzeme kullanımı gerektirmekte ve geniş malzeme yelpazesinde tasarım yapma imkânı sunmaktadır. Bu çalışma için seçilen malzeme hem geri dönüştürülen hem de gelecekteki uygulamalar için tekrar kullanılabilen oluklu mukavva olmuş olup hem uygun maliyetli hem dayanımlı hem de işlemesi kolay olması açılarından fayda sağlamıştır. Bu süreç ile pratik ve esnek bir form bulma süreci ortamı sunulmuştur.

Bu araştırma projesinin kısıtlarından biri hesaplamalı tasarımda kullanılan programlarla öğrencilerin henüz yeni tanışıyor olmasıdır. Bu duruma karşın ilerleyen dönemlerde “Mimarlıkta Sayısal Tasarım” dersinin öğrencilere önceki dönemlerde verilmesi düşünülmelidir. Ayrıca gelecek çalışmalarda malzeme çeşitliliğinin artırılması sürecin etkinliğini artıracaktır.

Teşekkür

Derse katkıda bulunan tüm öğrencilerimize teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- Adriaenssens, S., Pauletti, R.M.O., Stockhusen, K., Gabriele, S., Magrone, P., Varano, V. and Lochner-Aldinger, I. (2015). A Project-Based Approach to Learning Form Finding of Structural Surfaces, *International Journal of Space Structures* 30(3-4):297-306. Doi: 10.1260/0266-3511.30.3-4.297.
- Birt, J. and Cowling, M. (2018). Assessing mobile mixed reality affordances as a comparative visualization pedagogy for design communication. *Research in Learning Technology*, Vol. 26, pp. 1-25, doi: 10.25304/rlt.v26.2128.
- Bloom, B. (1956). Bloom’s taxonomy.
- Cagdas, G., Kavakli Thorne, M., Ozsoy, A., Altas, N.E. and Tong, H. (2000). Virtual design studio VDS2000 as a virtual construction site: digital media is design media, not a drawing tool. *International Journal of Design Computing*.
- Cagdas, G. and Tong, H. (2005). *Global Bir Tasarım Studyosuna Dogru, STUDYO: Istanbul Teknik Universitesi, Istanbul*.
- D’Amico, B., Kermani, A., Zhang, H., Pugnale, A., Colabella, S., & Pone, S. (2015). Timber gridshells: Numerical simulation, design and construction of a full scale structure. *Structures*, 3, 227-235. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2015.05.002>.
- Dewey, J. (1933). *How we Think: A Restatement of the Relation of Reflective Thinking to the Educational Process*, Boston, MA: D.C. Heath Boston.
- Duit, R. (1996). The constructivist view in science education—what it has to offer and what should not be expected from it. *Investigações em ensino de ciências*, 1(1), 40-75.
- Kurt, S. (2011). Use of constructivist approach in architectural education. *ProcediaSocial and Behavioral Sciences*, 15, 3980-3988.
- Mala, K. ve Singh, N. (2017). Constructivist approach: a way of learning. *GHG Journal of Sixth Thought Vol. 4 No.2*.

- Menges, A. & Ahlquist, S. (2011). Computational Design Thinking. ISBN: 9780470665657.
- Mesnil, R. et al. (2018). Fabrication-aware shape parametrisation for the structural optimisation of shell structures, Engineering Structures.
- Özkar, M. (2009). Soyut Düşünme ve Yaparak Öğrenme: Temel Tasarım Eğitiminin Amerika'daki Başlangıçları, A. Artun & E. Çavuşoğlu (ed), Bauhaus: Modernleşmenin Tasarımı. Türkiye'de Mimarlık, Sanat, Tasarım Eğitimi ve Bauhaus, İstanbul: İletişim Yayınları: 135-147.
- Schön, D.A. (1985). The design studio: an exploration of its traditions and potentials. London: RIBA Publications for RIBA Building Industry Trust.
- Singh, V., & Gu, N. (2011). Towards an integrated generative design framework, Design Studies, doi:10.1016/j.destud.2011.06.001
- Uluoğlu, B. (1990). Mimari Tasarım Eğitimi:Tasarım Bilgisi Bağlamında Stüdyo Eleştirileri, Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

Mimarlık Eğitiminde Çalıştay Deneyimi: Erken Tasarım Aşamasında Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği

BURCU KİSMET 
Beykoz Üniversitesi
burcukismet@beykoz.edu.tr

Özet

Birleşmiş Milletler, 2020-2030 arasındaki on yılı iklim değişikliğine karşı sürdürülebilir gelişmeler üretmek için harekete geçilmesi gereken ‘Decade of Action’ olarak adlandırmıştır. Bu çağrı, mimarlık ve hesaplamalı tasarım alanındaki gelişmeler dikkate alındığında günümüzün en önemli tasarım konularından biri performans odaklı tasarımlardır. Mimarlık öğrencilerini günümüzün bu sorunlarına ve gereklerine hazırlayacak şekilde mimarlık eğitimini planlamak gereklidir. Hesaplamalı tasarım düşüncesi ve araçları, öğrencilerin performans odaklı tasarımı deneyimlemesine yardımcı olan yöntemlerden biridir. Bu çalışma kapsamında performans odaklı tasarım, rüzgâr ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) üzerinden ele alınmıştır. Doğal çevresel etmenlerden biri olan rüzgârın erken tasarım aşamasında etkin bir parametre olarak mimari tasarım sürecine dahili tartışılmıştır. Çalışma kapsamında HAD’nin erken tasarım aşamasına dahil edilerek geliştirilen model, mimarlık öğrencilerine performans ve hesaplama kavramlarını tasarım sürecine aktarmalarını amaçlayan çalıştayda gerçekleştirilmiştir. Çalıştay, verilen proje kapsamında katılımcıların HAD’nin temel prensiplerini kullanarak rüzgâr performansı dikkate alınan tasarım alternatifleri oluşturması ve bu alternatiflerin değerlendirilmesini kapsamaktadır. Bu bağlamda 3 boyutlu modelleme ve yapı bilgi modelleme (YBM) araçlarından faydalanılmıştır. Tasarım alternatifleri Revit programında oluşturulmuş; performans odaklı tasarım ve YBM’nin ara kesitinde bulunan Autodesk CFD programı ise rüzgâr davranışlarını simüle etmek için kullanılmıştır. Çalıştay sonucunda yapılan değerlendirmede mimarlar için performans odaklı tasarım ve üretim yöntemlerinin kullanımı geleceğe yönelik yenilikçi tasarım yaklaşımlarını oluşturmanın gereklerinden bir olarak görülmektedir. Bu çalışmada amaçlanan, erken tasarım aşamasında etkin olarak rüzgâr ve akışkanlar dinamiği prensiplerini kullanarak rüzgâr açısından “sürdürülebilir” tasarım alternatifleri üretmek olduğu kadar; performans kavramının tasarım

eylemi ve süreciyle bütünlük içinde ele alınması konusunda farkındalık oluşturulmasıdır. Bu bağlamda, gelecek çalışmalarda performans odaklı tasarımın bileşenleri, farklı tasarım nosyonları dahil ederek geliştirilebilir.

Anahtar Kelimeler: Erken tasarım aşaması, Hesaplamalı akışkanlar dinamiği, Hesaplamalı tasarım, Mimari tasarım, Performans odaklı tasarım

Workshop Experience in Architectural Education: Computational Fluid Dynamics at Early Design Phases

BURCU KİSMET 
Beykoz University
burcukismet@beykoz.edu.tr

Abstract

The United Nations has named the decade between 2020-2030 as the ‘Decade of Action’, in which action must be taken to apply sustainable developments against climate change. In this regard, one of the most important design topics is performance-based design as result of the developments in architecture and computational design. It is necessary to replan architectural education to prepare the students for these current problems and requirements. Computational design thinking and tools can be considered as a method to help students evaluate and understand the performance-based design. In this study, performance-based design is discussed through wind and computational fluid dynamics (CFD). Wind, which is one of the natural environmental factors, has been discussed as an effective parameter in the early design phase of the architectural design process. Within the scope of the study, the model developed by integrating the CFD in the early design phase. The model was applied in the workshop aiming to transfer the concepts of performance and computation to the architecture students. The workshop includes the participants’ creation of design alternatives that take into account wind performance, using the basic principles of CFD, and the evaluation of these alternatives within the scope of the given project. In this context, 3D modeling and building information modeling (BIM) tools were used. Design alternatives were created in the Revit program and Autodesk CFD program was used to simulate wind behavior. At the end of the workshop, the use of performance-based design and its methods for architects is considered beneficial for creating innovative designs. The aim of this study is to produce “sustainable” design alternatives in terms of wind by using the principles of wind and fluid dynamics effectively in the early design phase. The other objective is to raise awareness about the concept of

performance being handled in integrity with the design activity and process. In this context, the components of performance-based design can be developed by incorporating different design notions in future studies.

Keywords: Computational design, Computational fluid dynamics, Early design phase, Performance based design, Architectural design

1. GİRİŞ

Sanayi Devrimi sonrasında giderek artan bir hızla gerçekleşen teknolojik gelişmeler, doğa tahribatının ve doğal kaynakların tüketimin kontrolsüz artışı, özellikle 2000'li yıllarından başından itibaren iklim değişikliği konusunu gündeme getirmiştir. Önlem olarak sürdürülebilir kalkınma konusunda dünya genelinde birçok adım atılmaktadır. Bunlardan biri de Birleşmiş Milletler Habitat Programı'nın 2020-2030 arasındaki on yılı iklim değişikliğine karşı sürdürülebilir gelişmeler üretmek için harekete geçilmesi gereken 'Decade of Action' olarak adlandırmasıdır (BM Raporu, 2020). Günümüzde mimarlık çalışmalarını sürdürülebilirlik ana ekseninde ele almak gereklidir. Mimarlara düşen sorumluluk çevresel konuları dış ve sonradan eklenen mekanik bir etmen olarak değil, tasarımın erken aşamalarından itibaren tasarım ile bütünleşecek şekilde ele alınmasıdır. Bu bağlamda da performans odaklı tasarım ön plana çıkmaktadır. Hesaplamalı tasarımın mimarlık ile bütünleşmesinin yaygınlaşması da bu durumu güçlendirmektedir.

Mimarlık öğrencileri de günümüzün gereklerini ve yaklaşımlarını dikkate alacak şekilde gerekli bilgi ve donanıma sahip olmalıdır. Birçok üniversite hesaplamalı tasarım yaklaşımlarını lisans düzeyinden itibaren özellikle tasarım stüdyolarına adapte etmektedir. Ancak, mimarlık eğitiminin sadece üniversitedeki örgün eğitim ile sınırlı kalmaması, öğrencilerin sürekliliği olan bir araştırma ve üretme ortamını deneyimlemesi son derece önemlidir. Bu bağlamda çalıştaylar, güncel araştırma alanlarını yaparak öğrenme üzerinden öğrencilere tanıtmaktadır. Bu çalışma kapsamında da hesaplamalı tasarım düşüncesi ve araçları, öğrencilerin performans odaklı tasarımı deneyimlemesine yardımcı olan yöntemlerden biri olarak kabul edilerek X Sempozyumu (X 2022)'nda bir grup öğrenci tarafından gerçekleştirilmiş ve bu öğrencilerin bu alandaki farkındalıklarının arttırılması hedeflenmiştir. Öğrenciler, rüzgârın erken aşamalardan itibaren etkin bir tasarım nosyonu olduğu ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği (HAD) ile sorgulandığı bir tasarım süreci deneyimlemişlerdir.

Bu çalışma kapsamında ilerleyen bölümlerde sırasıyla 2.bölümde performans odaklı tasarım ve hesaplamalı akışkanlar dinamiği, 3.bölümde ise mimarlık eğitimi ve mimarlık eğitiminde çalıştayın konumlandırılması tartışılmıştır. 4.bölümde çalıştay süreci ve ürünlerine yer verilmiştir. 5.bölüm, önerilen çalıştayın değerlendirilmesini içerirken, 6.bölüm ise sonuçtur.

2. PERFORMANS ODAKLI TASARIM

Oxman (2008) performans odaklı tasarımı, hesaplamalı tasarım ile ilişkilendirerek üretken bir sistem olan performatif tasarımı tanımlamıştır. Performatif tasarım; hesaplamalı tasarım sürecinin bir parçası olarak güneş, rüzgâr, taşıyıcı gibi farklı performans kriterleri dikkate alınarak mimari geometrik formun oluşturulması ve dönüştürülmesini kapsamaktadır. Bu tanımdaki hesaplamalı form oluşturma ve hesaplamalı form dönüştürme süreçleri performatif olarak kabul edilmektedir (Oxman, 2008). Günümüzdeki öğrenen, akıllı, programlanabilir malzemeler (Gramazio&Kohler, 2008; Menges, 2016, Oxman, 2010; URL-2) ve çevresel konuların önceliği ile de dikkate alındığında mimarlık öğrencilerini günümüzün bu sorunlarına ve gereklere hazırlayacak şekilde mimarlık eğitimini planlamak gereklidir. Hesaplamalı tasarım düşüncesi ve araçları, öğrencilerin performans odaklı tasarımı deneyimlemesine yardımcı olan yöntemlerden biridir. Performans ölçme ve değerlendirmede kullanılan yöntemlerden biri de analiz ve simülasyonlardır.

2.1. Hesaplamalı Akışkanlar Dinamiği (HAD)

Rüzgâr, erken tasarım aşamasında form bulma amacıyla kullanılan doğal bir kuvvettir (Wilkinson, 2011). Geleneksel mimaride rüzgârın özellikle iklim kontrolü ve dayanıklılık sağlamak için kullanılması yaygındır (Coch, 1998). Hem sıcak hem de soğuk iklim bölgelerinde rüzgârın etkilediği tasarım örnekleri görülmektedir ve özellikle ekstrem iklim koşullarında rüzgâr, daha da önemli bir tasarım nosyonu olarak mimari tasarım sürecine dahil olmaktadır (Cook, 1996; Fitch&Branch, 1960; Iravani vd., 2009; Sahebzadeh vd., 2020). Güncel çalışmalarda da özellikle ekstrem çevre koşulu olan ortamlarda rüzgar etkin tasarımlar gözlemlenmektedir (Kalantar&Borhani, 2017; URL-1). Rüzgâr -özellikle aerodinamik alanında- akışkan yüzeylerle ve akıcı geometrilerde daha iyi bir performans ortaya koymaktadır. Rüzgâr, bir akışkan kuvvet olduğundan akışkanlar dinamiğinin parçası olarak incelenmektedir.

Hesaplamalı akışkanlar dinamiği akışkan davranışlarının ve sorunlarının sayısal veri ve algoritmalar ile bilgisayar ortamında analiz edildiği mekânîğinin bir yöntemidir. Mimarlar ve mühendisler ise HAD'ini rüzgâra daha dayanıklı ve rüzgâra karşı koymayıp onunla uyum içinde olan yapılar tasarlamak için bir araç olarak kullanmaktadırlar (Dimcic, 2011). Batchelor'a (2000) göre kuvvet, akışkanlık yoğunluğu, basınç ve yerçekimi akışkanlar dinamiğini etkilemektedir. Akışkanlık ve geometrilerin karmaşıklığı ile rüzgâr gibi çevresel koşulların entegre edilmesi, form bulma sürecine katkıda bulunur.

Geleneksel manuel hesaplamaya dayalı akışkanlar dinamiği kullanmak yerine, gerçek iklim verilerine dayalı sistemi etkin kullanarak en uygun mimari formu elde etmek için HAD önerilmektedir. Hesaplamalı tasarım yaklaşımıyla birlikte akışkanlar dinamiğinin yöntem ve prensiplerini mimariye aktarmak kolaylaşmaktadır. Ayrıca HAD, rüzgârın olumsuz etkilerinin azaltılmasını sağlayarak (Kim vd., 2011) mimarlık, performans, optimizasyon konularına dolaylı olarak dahil edilebilir.

Mimarlık alanında rüzgâr davranışına göre formun belirlenmesi ve geometri optimizasyonu mekanik ve aerodinamik alanındaki kadar yaygın değildir (Wang et al., 2016). Ancak bu alanda çalışmalar özellikle son on yılda artmaktadır. Rüzgârın hesaplamalı tasarımı ve rüzgâr etkin tasarım alternatifleri Kormanikova vd. (2018)'nin çalışmasında incelenmiştir. Kormanikova vd. (2018), rüzgâr performansları dikkate alınarak beş farklı rüzgâr etkin form tasarımı ortaya koymuştur. Moya vd. (2014), kamusal alanda rüzgâr konforunu iyileştirmek için rüzgâr kuvvetini HAD ve geometri optimizasyonunu kullanan çalışma gerçekleştirmiştir. Yüksek katlı yapılarda ve kentsel tasarım alanında da aerodinamiğin temel prensipleri ve HAD yöntemlerini kullanan çalışmalar vardır (Bartoli et al., 2019; Kaseb&Rahbar, 2022; Waibel et al., 2017; Wilkinson, 2011; Zhang et al., 2020).

3. MİMARLIK EĞİTİMİ

Schön (1985)'e göre mimarlık eğitimini özelleştiren ve ayrıcalıklı kılan, deneyim ve yapma odaklı öğrenme sistemidir. Tarihsel süreçte içinde mimarlık hep var olmuş ancak günümüzde mimarlık eğitiminin temelleri 17.yüzyılda Fransız Kraliyet Akademisi ile atılmıştır (Uluoğlu, 1990). Bu zamandan itibaren çeşitli akademiler ve üniversiteler kurulsa da eş zamanlı olarak usta-çırak öğrenmesine dayalı mimari üretim ve eğitim pratiği sürmüştür (Uluoğlu, 1990). Güzel sanatlar akademileri uygulamayı okulla bütün hale getirip tasarım stüdyolarında mimarın kuramsal olarak da sistemin içinde yer aldığı ve yürütücünün temel belirleyici olduğu modeldir (Uluoğlu, 1990; Arıdağ ve Aslan, 2012). 20.yüzyıl başında Bauhaus Okulu yaparak öğrenmeye dayalı eğitim modeli ile tasarım ve üretime dayalı stüdyolar, mimarlık eğitimini katı kural ve sınırlardan sıyrarak, uygulama ve deneyselliğe açmıştır. Mimarlık eğitimi, usta-çırak ilişkisinin olduğu stüdyo sisteminden uzaklaşarak, grup yürütücüsünün ve grup üyelerinin paylaşımını esas alan katılımcı atölye ortamına dönüşmüştür (Özkar, 2009). 1960'lı yıllardan başlayarak bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler ve araçların mimarlık alanlarında modeller, mimari tasarımın çizim ve sunum aşamalarında kullanılması ile tasarım stüdyolarına sanal ve dijital kavramlarının entegre edilme süreci

başlamış (Ünkap, 2006); 1990'lı yıllardan itibaren ise dijital tasarım stüdyoları ortaya çıkmıştır (Çağdaş&Tong, 2005).

3.1. Mimarlık Eğitiminde Enformel Bir Yaklaşım Olarak Çalıştay

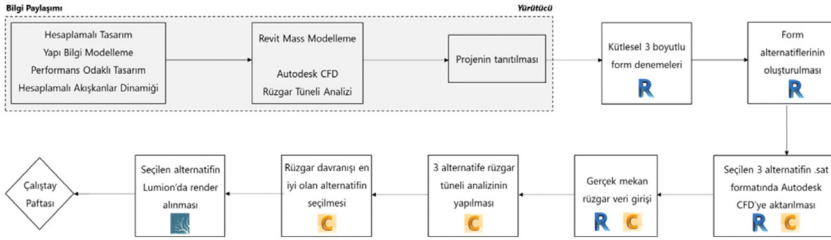
Enformel ortamlar, sezgilerin, spontanlığın ve denemenin ortaya çıktığı ortamlardır (Yürekli ve Yürekli, 2004) ve mimarlığın doğası ile doğrudan ilişkilidir. Ayrıca mimari tasarım eğitimi sadece üniversite ve belirli saat dilimleri ile sınırlı kalamayacak kadar geniş ve sonsuz bir alandır. Sürekli gözlem, deneme, düşünme, yapma ve üretimin döngü halinde olduğu ortamlar mimari tasarım süreci ve eğitimini besler. Bu bağlamda da çalıştaylar, enformel mimarlık eğitiminin bir parçasıdır ve aynı zamanda da örgün eğitimi desteklemektedir. Çalıştayların diğer bir özelliği ise bilgiye ulaşmayı yollarını keşfetmeyi deneyimleten, disiplinler arası ve eleştirel yapıda olmalıdır. Örgün eğitime göre çok daha kısa ancak yoğun sürece sahip olan çalıştaylar, alternatifler üretebilmeyi, problemin farklı boyutlarını değerlendirebilmeyi ve tartışma ortamı yaratabilmeyi amaçlar. Ortamın enformelliği, yürütücü ve katılımlar arasında karşılıklı fikir alışverişi ve etkileşimin olması özellikle sezgiselliğe ve denemeye açık olan erken tasarım aşamaları için faydalıdır. Ayrıca katılımcılar yeni bilgi ve becerileri yaparak öğrenirler, bu da öğrenilen bilginin uzun süre hatırlanmasını sağlar. Mimarlık eğitiminde yapmanın, “learning by doing” bakış açısının ve öğrencilerin aktif katılımcı – öğrenciye dönüşmesi tasarım yetilerine katkı sağlamaktadır.

4. ÇALIŞTAY

Çalıştay, X Sempozyumu kapsamında bir yürütücü tarafından tasarlanmış ve gerçekleştirilmiştir. Çalıştaya 4 son sınıf mimarlık öğrencisi katılmıştır. Çalıştay, 8 saat sürmüş ve 1 günde tamamlanmıştır. Öğrencilere ilk olarak Google Forms üzerinden hazırlanmış anket çalışması yapılmış ve öğrencilerin hesaplamalı tasarım, yapı bilgi modelleme, performans odaklı tasarım ve akışkanlar dinamiği kavramlarıyla ilişkileri, bu konular hakkında bilgi düzeyleri ölçülmüştür. Daha sonra öğrencilere bu konularla ilgili kısa anlatım ve sunumlar yapılmıştır.

Bu çalıştayda amaçlanan lisans düzeyinden itibaren öğrencilerin erken tasarım aşamalarından itibaren performans odaklı tasarım ile tanışmalarını sağlamaktır. Performans odaklı tasarım bu çalıştay kapsamında rüzgâr üzerinden ele alınmıştır. Rüzgârın tasarım nosyonu olarak kullanılması geleneksel mimariden beri kullanılan bir yöntemdir. Bu çalışmada rüzgâr, hesaplamalı akışkanlar dinamiğinin yöntemleri kullanılarak tasarım sürecine dahil edilmiştir. Aynı zamanda da diğer bir amaç; hesaplamalı tasarım, simülasyon, optimizasyon gibi güncel konuları temel bir seviyede

bile olsa mimari tasarım süreciyle bütünleşik ele alınabileceğini öğrencilerin deneyimlemelerini sağlamaktır. Bu bağlamda çalıştay kapsamında öğrencilerden Antarktika için araştırma ve barınma işlevlerini karşılayacak bir tasarım yapmaları istenmiştir. Antarktika'nın proje yeri olarak seçilmesinin sebebi çalıştayda tasarımın formuna rüzgâr davranışı üzerinden karar verilecek olması, Antarktika'nın dünyanın en rüzgârlı bölgesi olması ve mevcut rüzgârı kesecek bir yapıyı çevrede bulunmamasıdır. Çalıştay sürecinde Revit, Autodesk CFD ve Lumion programları kullanılmıştır. Çalıştaya katılan öğrencilerin temel Revit ve Lumion bilgilerine sahip olmaları beklenmiştir. Autodesk CFD programında rüzgâr performansını ölçmek için gereken komut ve yöntemler ise yürütücü tarafından öğrencilere gösterilmiştir. Çalıştay süreci ve gerçekleşen adımlar Şekil 1'de gösterilmiştir.











Şekil 1: Çalıştayın iş akışı

Çalıştayda öğrencilere verilen proje Antarktika'da barınma ihtiyacını da karşılayacak bir araştırma merkezi tasarımıdır. Bu proje, çalıştayın amacı ve süreci dikkate alınarak sadece erken tasarım aşamasını kapsamaktadır. Aynı zamanda da öğrencilerin plan şeması ve işlev dağılımı gibi konuları çözümlemeleri çalıştayın içeriğine dahil edilmemiştir. Bu sebeple öğrencilerden beklenen sadece 3 boyutlu kütle üzerinden form denemeleri gerçekleştirmeleridir. Bu kütiesel form denemeleri de Revit programında “mass” modelleme üzerinden gerçekleşmiştir. Mass modelleme, erken tasarım aşaması için gerekli olan esnekliği sağlamıştır. Öğrencilerden bir form oluşturmaları ve onun belirli parametrelerini değiştirerek alternatifler geliştirmeleri beklenmiştir. Öğrencilerden ilk oluşturdukları formun taban alanını koruyarak, yüksekliği değiştirmeleri veya duvar / çatı eğimlerini değiştirmeleri istenmiştir. Öğrenci 1 ve öğrenci 2 duvar ve çatı açılarını; öğrenci 3 hem açı hem de yüksekliği; öğrenci 4 ise yükseklik verilerini değişken olarak kabul etmiştir (Şekil 2).

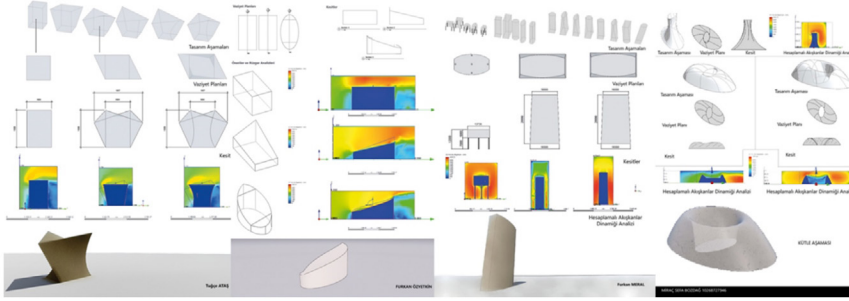
Form alternatifleri Revit üzerinden oluşturulduktan sonra seçilen üç form, .sat formatında kaydedilerek Autodesk CFD programına aktarılmıştır. Autodesk CFD'de proje alanı olan Antarktika'nın gerçek ortalama rüzgâr hızı ve hava

sıcaklık verileri sırasıyla 120km/h ve -10°C olarak girilmiştir. 4 öğrenci ve toplamda 12 alternatif için de aynı malzeme bilgisi girilmiştir. Böylelikle malzeme bir değişken olarak görülmemiştir. Tüm alternatifler için rüzgâr yönü aynı doğrultu ve yönde olacak şekilde veriler girilmiş ve 12 alternatif de rüzgâr tüneline konularak simüle edilmiştir. Her öğrenci, HAD simülasyonu ve performans sonuçları dikkate alınarak rüzgar davranışı en optimum olan formda karar kılmış ve bu form Revit'ten .dae formatında kaydedilip, Lumion programı ile eşleştirilmiş ve görselleştirme çalışmaları yapılmıştır.

	Değişken	Tasarım Alternatifleri	Son Ürün
Öğrenci 1	Açı		
Öğrenci 2	Açı		
Öğrenci 3	Açı + Yükseklik		
Öğrenci 4	Yükseklik		

Şekil 2: Tasarım alternatifleri

Çalıştayın son aşaması olarak öğrenciler tüm süreci anlatan bir pafta üretmişlerdir (Şekil 3). Çalıştay sonucunda, CFD analizlerine göre ve Öğrenci 3 ve 4'te görüldüğü üzere yükseklik arttıkça rüzgâra göre davranış performansı düşmektedir. Yüksekliği az olan alternatiflerde rüzgâr performansı güvenli formlar üretmek mümkündür. Öğrenci 1 ve Öğrenci 2'nin çalışmalarına göre dik açılı ve köşeli formların rüzgâr performansı daha düşüktür. Öğrenci 1'in çalışmasında iç bükümlü formların, Öğrenci 2'nin çalışmasında ise dairesel formların dik açılı formlara göre daha iyi bir performans ortaya koyduğu görülmektedir.



Şekil 3: Çalıştayda oluşturulan paftalar

5. TARTIŞMA

Çalıştay kapsamında, ilk aşama olarak öğrencilerin çalıştayda odaklanılacak konular hakkında bilgi düzeylerini ölçmek amacıyla Google Forms üzerinden anket yapılmıştır (Tablo 1). Anket sonuçlarına göre öğrencilerin tamamının Yapı Bilgi Modelleme hakkında bilgisi vardır ve en yaygın olarak kullanılan YBM programlarından biri olan Revit'i kullanabildikleri gözlemlenmiştir. Buna karşılık hesaplamalı tasarım hakkında öğrencilerin yarısı bilgi sahibi olduğunu işaretlemiştir. Yapılan konuşmalarda ise parametrik tasarımı hepsi duyduğunu söylemiştir. Rüzgârın tasarım nosyonu olarak kullanabileceğini çoğunluk kabul ederken performans odaklı tasarım hakkında %75'inin, akışkanlar dinamiği hakkında ise hiçbirinin bilgisi yoktur. Buna karşılık öğrencilerin %75'i çalıştayda kullanılacak olan Autodesk CFD programını kullanırken zorlanacağını düşünmediğini belirtmiştir.

Anket sonuçları dikkate alındığında YBM'nin lisans düzeyinden itibaren öğrencilere tanıtıldığı hem örgün eğitim hem de yarışma, çalıştay, seminer gibi enformel eğitim araçlarıyla yaygınlaşan bir yöntem ve dijital ortam olduğunu söylemek mümkündür. Hesaplamalı tasarım, parametrik tasarım ve performans odaklı tasarım ile ilgili olarak farklı ve değişken sonuçların ortaya çıkması bu kavramların net tanımlarının, kapsam ve içeriklerinin lisans düzeyinde tam olarak öğrencilere aktarılmadığını göstermektedir.

Tablo 1: Anket sonuçları

	Evet	Hayır
Hesaplama tasarımı hakkında bilgim var.	%50	%50
Yapı Bilgi Modelleme (YBM) hakkında bilgim var.	%100	-
Performans odaklı tasarım hakkında bilgim var.	%25	%75
Rüzgar, bir tasarım nosyonu olarak kullanılabilir.	%75	%25
Akışkanlar dinamiği hakkında bilgim var.	-	%100
Belirtilen bilgisayar programlarını kullanırken zorlanabileceğimi düşünüyorum.	%25	%75

Çalıştay planlanırken form üretme aşamalarında Rhino veya Revit kullanılabileceği düşünülmüştür. Ancak çalışmaya katılan dört öğrencinin de Rhino kullanmayı bilmemeleri ve Revit'i kullanmaları sebebiyle çalıştayda form üretme sadece Revit üzerinden gerçekleşmiştir. Öğrencilere, Revit mass modellemenin temel komut ve ortamı gösterilmiştir. Öğrencilerin de Revit'in bu esnek kütle üretme ortamını hızlıca kavradıkları gözlemlenmiştir. Benzer şekilde, rüzgâr performansı için kullanılan olan Autodesk CFD programını ilk kez kullanacak olan öğrencilere çalıştayda beklenen hedefleri gerçekleştirecek yöntemler gösterilmiş ve tüm öğrencilerin doğru ve pratik bir şekilde beklenen analiz ve üretimleri gerçekleştirdikleri gözlemlenmiştir.

Çalıştay kapsamında malzeme bir değişken olarak ele alınmamıştır. Tüm öğrenciler CFD programında aynı malzeme bilgisini girerek 12 alternatifi de modellemiştir. Bu sebeple malzemenin performans veya forma etkisi sorgulanmamıştır. Başka bir çalışmada aynı form üzerinden farklı iki ya da daha çok malzeme kıyası yapılabilir.

Bu çalıştayda sadece rüzgâr; performans odaklı tasarımın bileşeni ve değişkeni olarak ele alınmıştır. Doğaya uyumlu ve sürdürülebilir mimari tasarım ürünleri elde etmek için daha fazla performans kriterleri de dahil edilerek çalışma geliştirilebilir. Özellikle güneşin de dahil edildiği bir çalışma gerçekleştirilebilir.

6. SONUÇ

Günümüzdeki bilgi ve teknoloji çağında -özellikle de mimarlık eğitiminde- öğrencilerin farklı alanlardaki bilgi ve donanımına sahip olmaları sadece üniversitedeki örgün eğitim ile mümkün değildir. Bu bağlamda çalıştaylar, mimarlık ve tasarım eğitiminde daha esnek ve deneysel ortam sağlayarak öğrencilerin akademik takvim ve üniversite sınırları dışına çıkan sürekli öğrenme ortamı yaratılmasını sağlar. Mimarlık eğitiminde enformel yaklaşım olan çalıştayların temel özellikleri deneyim odaklı olma, problem çözme yetisi kazandırma, bilgiye ulaşma yöntemleri sunma ve disiplinler arası yaklaşımları

göstermektedir. Bu çalışma da hesaplamalı tasarım alanında gerçekleşen çalıştayın tasarımını ve çalıştay ürünlerini içermektedir.

Bu çalışmanın amacı, mimarlık öğrencilerinin lisans düzeyinden itibaren hesaplama, sayısal tasarım, performans odaklı tasarım gibi kavramlarla tanışmalarını sağlamayı ve bir tasarım problemi üzerinden bu düşünme biçimini deneyerek öğrenmelerini sağlamaktır. Performans odaklı tasarım, erken tasarım aşamalarından itibaren form bulma sürecine dahil edilerek özellikle mimari formun oluşmasında rasyonel bir düşünce biçimi ile sezgisel yaklaşımın entegre edilmesi hedeflenmiştir.

Çalışmada formun rüzgâr davranışı, performans odaklı tasarımın bir bileşeni olarak konu edilmiştir. Rüzgârın tasarım bileşeni olarak mimaride kullanılması geleneksel mimariden itibaren kullanılan bir yöntemdir. Ancak çalışmada önerilen hesaplamalı akışkanlar dinamiğinin (HAD)'nin mimari tasarım problemine dahil edilmesi çalışmayı bilgi ve bilişim çağının bir parçası haline getirmektedir. HAD, makine ve aerodinamik alanlarının problem çözmede kullandıkları temel yöntemlerinden biridir. Matematikçi Gödel'in "Bazen bir disiplindeki sorunu çözmek için tamamen farklı bir alana geçmelisiniz" sözündeki gibi, bu çalışmada HAD'nin erken tasarım aşamasına dahili ile disiplinler arası bir çalışma ortamı ve ürünü ortaya konulmuştur. Disiplinler arası çalışmanın önemini ve potansiyellerini de lisans düzeyinden itibaren öğrencilere deneyimletmek, onların daha sonraki eğitim ve profesyonel hayatlarında problem çözme ve araştırma becerilerini geliştirmeye yöneliktir. Disiplinler arası çalışma ortamlarının ve çalıştayların mimarlık eğitimine dahil edilmesinin önemi vurgulanmaktadır.

Çalıştayda, hesaplamalı tasarım düşüncesi ve araçlarının oluşturduğu ortamın mimarı destekleyen, esneklik ve değişim sağlayan özellikleri, öğrenciler tarafından olumlu karşılanmıştır. Farklı çalışmalarda da güneş, akustik, ısı konfor gibi farklı performans bileşenleri dahil edilerek form bulma denemeleri gerçekleştirilebilir. Ayrıca, çalıştayın süresi arttırılarak fiziksel üretimin de dahil olduğu bir süreç tasarlanabilir. Hem maket hem de 1-1 prototip üretimlerle öğrencinin deneyimi arttırabilir. Üstelik, maket yapmanın, malzemelerle temasın ve 1-1 ölçekli üretimin sağladığı avantajlar da öğrencilerin farklı becerileri kazanmasına olanak sağlar. Bu bağlamda dijital fabrikasyon teknolojilerinden de faydalanılabilir ve "file to factory" kavramı ile öğrenciler tanıştırılabilir.

KAYNAKLAR

- Arıdağ, L. & Aslan, A. (2012). Tasarım Çalışmaları-1 Stüdyosunda Uygulanan Yaratıcı Drama Etkinliklerinin Mimarlık Öğrencilerinin Yaratıcı Düşünce Becerilerinin Gelişimine Etkisi, *Megaron*, 7(1), 49-66.
- Bartoli, N., Lefebvre, T., Dubreuil, S., Olivanti, R., Priem, R., Bons, N., Martins, J. and Morlier, J. (2019). Adaptive modeling strategy for constrained global optimization with application to aerodynamic wing design. *Aerospace Science and Technology*, 90, 85-102.
- Batchelor, G.K. (2000). *An Introduction to Fluid Dynamics*. Cambridge: Cambridge University.
- Birleşmiş Milletler (BM) Raporu (2020). *World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization*. United Nations Human Settlements Programme (UN-Habitat), Nairobi, Kenya. ISBN: 978-92-1-132872-1.
- Coch, H. (1998). Bioclimatism in vernacular architecture. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 2(1-2), 67-87. [https://doi.org/10.1016/S1364-0321\(98\)00012-4](https://doi.org/10.1016/S1364-0321(98)00012-4).
- Cook, J. (1960). Architecture indigenous to extreme climates. *Energy and Buildings*, 23(3), 277-291. [https://doi.org/10.1016/0378-7788\(95\)00953-1](https://doi.org/10.1016/0378-7788(95)00953-1).
- Dimic, M. (2011). *Structural Optimization of Grid Shells based on Genetic Algorithms*. PhD thesis, University of Stuttgart, Germany.
- Çağdaş, G. & Tong, H. (2005). *Global bir Tasarım Stüdyosuna Doğru*. İstanbul Teknik Üniversitesi süreli yayını, İstanbul.
- Fitch, J. M., & Branch, D. P. (1960). Primitive Architecture and Climate. *Scientific American*, 203(6), 134-145. <http://www.jstor.org/stable/24940726>
- Gramazio, F. & Kohler, M. (2008). *Digital Materiality in Architecture*, Lars Müller Publishers, Baden, Switzerland.
- Iravani, H., Etesam, I., Masoud, M. and Mofidi, S.M. (2009). The Role of Wind and Natural Ventilation in the Vernacular Architecture of Zavareh. *International Journal of Ventilation*, 8(2), 175-186. DOI: 10.1080/14733315.2006.11683842.
- Kalantar, N. and Borhani, A. (2017). Breathable walls – Computational thinking in early design education. *Proceedings of the 22nd International Conference on Computer-Aided Architectural Design Research in Asia*, Hong Kong, 377-387.
- Kaseb, Z. and Rahbar, M. (2022). Towards CFD-based optimization of urban wind conditions: Comparison of Genetic algorithm, Particle Swarm Optimization, and a hybrid algorithm. *Sustainable Cities and Society*, 77.

- Kim, J., Yi, Y.K. and Malkawi, A. M. (2011). Building form optimization in early design stage to reduce adverse wind condition – using computational fluid dynamics. 12th Conference of International Building Performance Simulation Association, Sydney, Australia.
- Kormanikova, L., Achten, H., Kopriva, M. and Kmet, S. (2018). Parametric wind design. *Frontiers of Architectural Research*, 7(3), 383-394. <https://doi.org/10.1016/j.foar.2018.06.005>.
- Menges, A. (2016). Computational Material Culture, *Architectural Design*, 76-83.
- Moya, R., Prohasky, D., Watkins, S., Ding, Y., Burry, J. and Burry, M. (2014). Aerodynamic strategy applied in an urban shelter design – Simulation and analysis of aerodynamic phenomena in an urban context. *Proceedings of the 32nd eCAADe Conference, Fusion*, 1, 137-144.
- Oxman, R. (2008). Performance-Based Design: Current Practices and Research Issues. *International Journal of Architectural Computing*, 6(1), 1-17. doi: 10.1260/147807708784640090.
- Oxman, N. (2010). Material-based Design Computation, PhD Thesis, Massachusetts Institute of Technology, USA.
- Özkar, M. (2009). Soyut Düşünme ve Yapararak Öğrenme: Temel Tasarım Eğitiminin Amerika'daki Başlangıçları, A. Artun & E. Çavuşoğlu (ed), *Bauhaus: Modernleşmenin Tasarımı. Türkiye'de Mimarlık, Sanat, Tasarım Eğitimi ve Bauhaus*, İstanbul: İletişim Yayınları: 135-147.
- Sahebzadeh, S., Dalvand, Z., Sadeghfar, M. and Heidari, A. (2020). Vernacular architecture of Iran's hot regions; elements and strategies for a comfortable living environment. *Smart and Sustainable Built Environment*, 9 (4), 573-593. <https://doi.org/10.1108/SASBE-11-2017-0065>.
- Schön, D.A. (1985). *The design studio: an exploration of its traditions and potentials*. London: RIBA Publications for RIBA Building Industry Trust.
- Uluoğlu, B. (1990). *Mimari Tasarım Eğitimi:Tasarım Bilgisi Bağlamında Stüdyo Eleştirileri, Doktora Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
- Ünkap, Ö. (2006). *Sanal Mimarlık Stüdyosu Uygulamaları Üzerine Bir Deneme, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
- Yürekli, İ. & Yürekli, H. (2004), *Mimari Tasarım Eğitiminde Enformellik. İÜT dergisi/a mimarlık,planlama, tasarım*, 3(1), 53-62.
- Waibel, C., Bystricky, L. and Kubilay, A. (2017). Validation of Grasshopper-based Fast Fluid Dynamics for Air Flow around Buildings in Early Design Stage.

Proceedings of the 15th International Conference of IBPSA, San Francisco, USA.

Wang, L., Tan, Z. and Ji, G. (2016). Toward the wind-related building performative design: A wind-related building performance optimization design system integrating Fluent and Rhinoceros based on iSIGHT. Proceedings of the 21st Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, CAADRRIA, Hong Kong, 209–218.

Wilkinson, S. (2011). Transient Wind-Load Optimisation using Fast Fluid Dynamics and Multi-Conditional Genetic Algorithms. Master's thesis, MRes Adaptive Architecture and Computation Bartlett School of Graduate Studies, University College London, London, UK.

Zhang, R., Waibel, C. and Wortmann, T. (2020). Aerodynamic Shape Optimization for High-Rise Conceptual Design: Integrating and Validating Parametric Design, (Fast) Fluid Dynamics, Structural Analysis and Optimization. eCAADe 2020.

URL-1: <https://www.artscatalyst.org/node/926/> (20.06.2022).

URL-2: <https://news.mit.edu/2015/programming-materials-skylar-tibbits-self-assembly-0811> (21.06.2022).

Mimari Tasarım İçin Parametrik Kalıpların Özgünlüğünü Yeniden Düşünmek: Geometrik Varyasyonların Sınıflandırılması

BUSE BÖLEK¹, HAĞİCE GÜNSELİ DEMİRKOL²

^{1,2}Eskişehir Teknik Üniversitesi

¹busebolek@ogr.eskisehir.edu.tr, ²hgdemirkol@eskisehir.edu.tr

Özet

Mimarlık disiplinindeki teknolojik gelişmeler, özellikle parametrik tasarım teknikleri, günümüzde tasarımcılara birçok verimli çözüm sunmaktadır. Bu teknikler, özellikle karmaşık yapıların daha kolay bir şekilde oluşturulabilmesine ve form ile fonksiyonun aynı anda tasarlanabilmesine olanak sağlamaktadır. Parametrik tasarımlar, form ve fonksiyon ilişkilerinin kurgulanmasında sınırların kaldırılmasına yardımcı olabilmekte ve bu sayede tasarımcılara özgün tasarım üretimleri konusunda daha fazla esneklik sunarak, tasarımların daha kolay çeşitlendirilmesine imkan tanımaktadır. Ancak, bu durum tasarımdaki özgünlük kavramının daha da önem kazanmasını gerektirmektedir. Parametrik tasarım araçları, tasarımcıların yaratıcılıklarını kısıtlamaktan ziyade, daha yaratıcı bir ortam geliştirmek için kullanılabilir. Ancak, bu tekniklerin yaygın kullanımı, özgünlük konusunun tartışılmalı hale gelmesine neden olmuştur. Hazır birimler ve dijital kopyaların kullanımı, tasarımcıların benzer kalıpları kullanarak tasarımlarını oluşturmalarına yol açabilecek ve tasarımların benzerliği ve özgünlüğünün sorgulanmasının gerekliliğini ön plana çıkarmaktadır. Bu nedenle, tasarımcıların özgünlük kavramına daha fazla odaklanmaları ve tasarımlarını bu yönde geliştirmeleri gerekmektedir. Ancak, tasarım araçlarındaki bu hazır yaklaşımların tasarımcılar tarafından ne kadar yorumlandığı ve ne kadar özgün olduğu konusunda bir paradigma ile karşı karşıya gelmektedir. Bu durum, tasarımların özgünlüklerini belirlemede nesnel bir değerlendirme yapmanın zorluğunu ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada, parametrik tasarımların orijinalliği konusunda daha kapsamlı bir model sunmayı amaçlamaktadır. Bu model, öncelikle nesnel temellere dayandırılan bir orijinallik değerlendirme ölçeği önerisinde bulunarak, mimari tasarımlar için parametrik tasarımların özgünlüğünü değerlendirmeyi hedeflemektedir. Bu değerlendirme modeli, mimari tasarımın orijinalliğine ilişkin eleştirel bir yaklaşım sağlayarak, mimarideki kopyalama kültürüne yeni bir bakış açısı sunmayı amaçlamaktadır. Çalışma kapsamında tasarımların

özgün veya orijinalliği konusunda tasarımcıların sorgulaması noktasında literatüre katkı sunulmaktadır. Bu modele dayanarak, tasarımcılar daha nesnel bir yaklaşımla tasarımlarının özgünlüğünü belirleyebilir ve özgün parametrik tasarımların daha fazla öne çıkmasını sağlayabilirler.

Anahtar Kelimeler: Parametrik tasarım, Özgünlük, Tasarımda özgünlük, dekonstrüktif yineleme

Rethinking the Originality of Parametric Patterns for Architectural Design: A Classification of Geometric Variations

BUSE BÖLEK¹, HATİCE GÜNSELİ DEMİRKOL²

^{1,2}Eskişehir Technical University

¹busebolek@ogr.eskisehir.edu.tr, ²hgdemirkol@eskisehir.edu.tr

Abstract

In the field of architecture, technological advancements, particularly parametric design techniques, offer designers numerous efficient solutions. These techniques enable the creation of complex structures with ease and allow for the simultaneous design of form and function. Parametric designs can assist in the development of form-function relationships by removing limits, thereby providing designers with greater flexibility in producing unique designs and making it easier to diversify designs. However, this situation requires an increased emphasis on the concept of originality in design. Parametric design tools can be used to develop a more creative environment for designers instead of limiting their creativity. Nevertheless, the widespread use of these techniques has led to controversy surrounding the issue of originality. The use of prefabricated elements and digital copies can lead to the creation of designs using similar patterns, emphasizing the necessity to question the similarity and originality of designs. Consequently, designers need to focus more on the concept of originality and improve their designs in this regard. However, a paradigm exists regarding how these prefabricated approaches in design tools are interpreted by designers and how original they are. This situation makes it difficult to make an objective evaluation of the originality of designs. This study aims to propose a more comprehensive model for the originality of parametric designs. First and foremost, the proposed model presents an originality assessment scale based on objective grounds that aims to evaluate the originality of parametric designs in architecture. The assessment model

aims to provide a critical approach to the originality of architectural design, offering a new perspective on the culture of copying in architecture. This study contributes to the literature by encouraging designers to question the originality of their designs. Based on this model, designers can determine the originality of their designs more objectively and promote the emergence of more unique parametric designs.

Keywords: Parametric design, Originality, Design originality, Deconstructive iteration

1. INTRODUCTION

The field of architectural knowledge has undergone a gradual evolution to reach its current state. Similarly, the content and structure of architectural criticism, which is rooted in architectural knowledge and discourse, have also evolved. This progression encompasses the understanding of architecture, the changes in construction practices, and the emergence of interdisciplinary studies. Vitruvius, an architect and architectural thinker, is considered to be the founder of architectural criticism (Stephens, 1998). The principles of “solidity, utility, and beauty” (Firmitas, Utilitas, and Venustas) outlined by Vitruvius as the criteria for architectural work in his book “De Architectura” are widely accepted as a rational approach for both criticism and design. Vitruvius’ “Ten Books on Architecture” is also a pioneering example of theory and criticism.

In the past, it was believed that preserving architecture from the influences of past eras would liberate and inspire it (Tanyeli, 2015). However, the universalization, internationalization, and homogenization of architectural products through mass production has made contemporary architecture a subject of criticism. These objections, which intensified in the second half of the 20th century, were based on the idea that originality came from diversity, not uniformity (Jencks, 2009). This relationship between diversity and originality has been explored in architectural criticism (Ozorhon, 2008; Muşkara, Ü. 2017; Türkan, 2016). In addition to reflection, criticism, and effort, originality is essential to foster innovation and improvement, and avoid mediocrity. Originality is a concept that can be achieved by demonstrating uniqueness and originality. The combination of critical and creative thinking produces freedom, which is closely related to intuition, imagination, and knowledge. While it is acknowledged that there is no absolute originality, something can be deemed “original” in a certain context (Fuat, 1997). In creative fields such as architecture, originality is often highly valued as a crucial element of good design, which is why it is frequently discussed in architectural criticism. While originality, innovation, novelty, and difference are considered “necessary expectations” for design projects, familiarity, mediocrity, copying, repetition, and imitation are viewed as negative attitudes (Güzer, 2007). In reality, every design project in architecture is influenced by its predecessors, contains references, and is shaped by its context, making it unique and discouraging imitation. The originality of an architectural work is determined by the differences in “space setup”, “form”, “material-technology”, and “position”. Furthermore, analyzing the level of originality of the architectural form and the processes underlying its creation can be a method (Molodkina, 2020).

Architectural parametric design is an approach that uses parametric modeling software to specify many variables and their interactions during the building design process (Monedero, 2000). At each step of its design, the structure may be modified and automatically updated using this technology. Originality occurs when a designer has a distinct sense of style or comprehension. The connection between uniqueness and parametric design enables the designer to produce one-of-a-kind creations using parametric modeling tools. Combining the designer's distinctive style and expertise with the efficiency and adaptability of parametric modeling software enables the creation of more innovative and adaptable architectural designs. On the other hand, it is challenging to discuss originality in this design process, which can be described as parametric design, while designers can save time and reduce costs associated with developing a new product by addressing design challenges with existing shapes, which requires a minimal decision-making process (Uraz, 1993). In this method, architectural products are developed by referring directly to existing, tested, and well-known examples. By modifying and generating new sequences and arrangements, the designer is able to create a product that is considerably different from the original (Turuthan, 1987). However, the originality of the design is debatable.

With the access offered and enhanced by digitalization, the designer is able to download the digital copy, modify it, and duplicate it within the file's technological constraints (Negroponte, 1995). This reproduction procedure's originality is now subject to debate. The technological rupture with digital copying and the goals of the current copy culture are reflected in the theory and practice of architecture, as they are in other fields. He asserts that the act of copying has a productive relationship with culture in every era, and that both copying and this relationship are redefined in the digital era (Sam Jacob, 2016). In modern architectural theory and practice, it is essential to reevaluate the concepts associated with copying (Sonmez, 2017).

Although computational designs are closely tied to digital copy in today's architectural environment, relatively few studies, such as the Architectural Doppelgangers project, may be examined in relation to the contemporary copy culture and question the copy phenomenon in architecture. (Boon, Marcus, 2013) In this context, in a time when digital copying or reproduction technologies form the foundation of architectural production, it becomes contentious because the appraisal of the product is based on antiquated authenticity-centered ideas (Miljacki, 2014). Literature studies permit the investigation of architectural criticism, which has existed since architecture's inception. Literature has criticized the novelty of architectural parametric

designs and their relationship to architectural criticism as lacking. Therefore, a model of objective criticism for the originality of architectural parametric designs has been proposed within the scope of this study. This model was used to evaluate parametric structures formed in various circumstances within the scope of the study. Through these examinations, the recommended paradigm was implemented.

2. METHODOLOGY

This study discusses the originality of parametric designs and examines whether they are original or duplicates, or to what extent they are original. A critical perspective on the originality of designs is created by starting with a descriptive critique method (Attoe, 1979). The form, function, and visual characteristics of the structure are discussed verbally through descriptive critique. To objectively evaluate spoken utterances, a deconstructive analysis is performed on parametric designs. Deconstructive techniques contain iteration as a sub-concept in their philosophical and architectural essence. Iterations enable the determination of differences and similarities between each stage (Figure 1), which is crucial in evaluating the originality of parametric designs objectively.

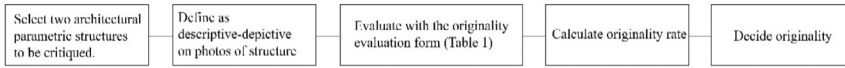


Figure 1: Originality evaluation model in architectural parametric designs

In this study, an objective approach model is devised for evaluating the originality of parametric designs. The study is constrained by the selection of facade designs that employ a parametric design approach and have structurally distinct carrier systems. Visually similar perceived parametric designs are initially matched. The descriptive-illustrative visuals of the parametric structures are reverted to their initial states through deconstructive iterations. An originality scale has been developed to determine the level of originality in the facade designs of buildings. This scale proposes a total percentage range, and given that parametric facades are the focus of this study, the deconstructive perspective obtained through iterations is utilized by the proposed formula. The value obtained from the Similar Number of Iteration formula is scaled within a 40% range for comparison with each data point. As four distinct criteria have been established for the selected examples within the scope of this study, the remaining 60% range is distributed equally. Using this scale, the value of originality in logical and objective parametric designs is evaluated and made objectively debatable.

The criterion used to compute the similarity rate	Percentile	Formula
Similar Number of Iteration	40%	$\frac{2x(\text{similar iteration number})}{\text{total number of iterations}} \times 40$
Full-Empty Relationship	15%	$\frac{\text{solid area}}{\text{facade area}} \times 15$
Modular Facade	15%	$\frac{\text{total module number}}{\text{facade area}} \times 15$
Non-Modular Facade	15%	$\frac{\text{non - modular total number of parametric units}}{\text{facade area}} \times 15$
Perforated Facade	15%	$\frac{\text{total perforated area}}{\text{facade area}} \times 15$

Figure 2: Numerical ratios of evaluation criteria

3. DISCUSSION

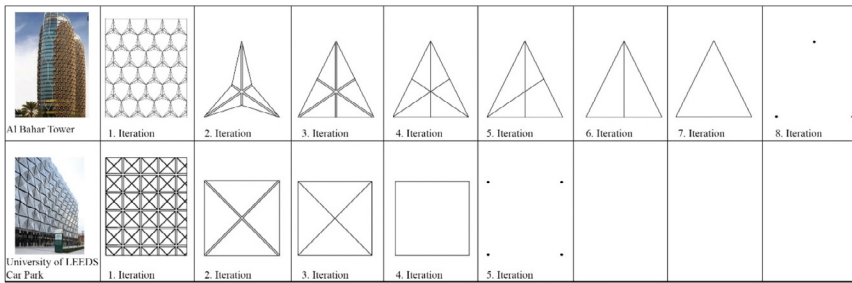


Figure 3: Deconstructive iterations of facades consisting of pyramid units

The Al Bahar Tower’s visual examination reveals the implementation of a repetitive unit throughout the design, creating a continuous texture. The design’s original iteration was based on a triangle geometry. By repeatedly deconstructing the triangle, the geometry was fragmented at the centroid by the fourth iteration. The tower’s unit transportability is a crucial characteristic due to the construction and material composition. The triangle element is separated from the center of gravity, and the joining points are adjusted as concave or convex to create movable elements that combine to form the final design.

Similarly, the University of Leeds car park facade design employs a unit arrangement that generates a repetitive pattern. Until the fifth iteration, the design resembles the Al Bahar Tower’s due to their shared use of triangular geometry. The two structures’ interdependent relationship is evidenced by the organization of units on their facades, triangles generated from their centers of gravity, and specific joining distances that define a whole. However, facades differ due to diverse materials and their respective potentials. The Al Bahar Tower prioritizes energy efficiency, whereas the University of Leeds car park prioritizes passive ventilation and daylight maximization, resulting in unique material choices and configurations.

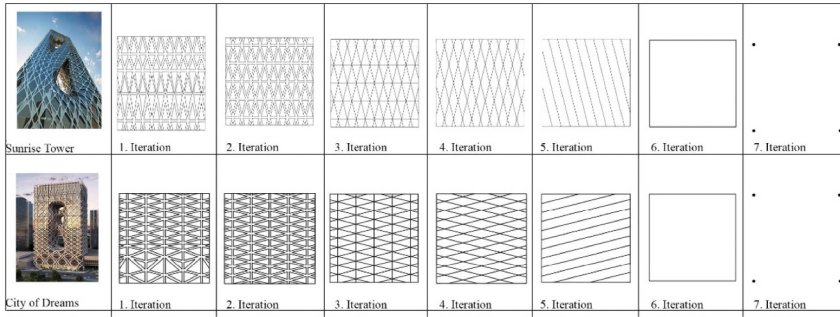


Figure 4: Deconstructive iterations of facades elements surrounding the mass

The deconstructive process of the Sunrise Tower involves using grids to create equilateral triangles. These triangles are then transformed into meshes consisting of rhombuses in the early iterations, and later developed with curvatures that conform to the mass, decay proportionally, and enclose the structure. The Sunrise Tower also employs a comparable deconstructive approach until its fifth iteration. However, modifications are made to the dimensions and proportions of the facade design of both buildings to meet the size and spatial requirements of the mass. This similarity in design approach highlights the significance of context-specific design considerations in creating high-rise buildings.

The importance of context-specific design considerations is further evidenced by the diversity in facade designs that arise from differences in material and geometry choices. Nonetheless, the similarity in the initial deconstructive approach between the two structures underscores the importance of identifying commonalities in design approaches for constructing high-rise buildings. By doing so, architects can leverage prior design approaches and build upon them to create more sustainable and contextually appropriate designs.

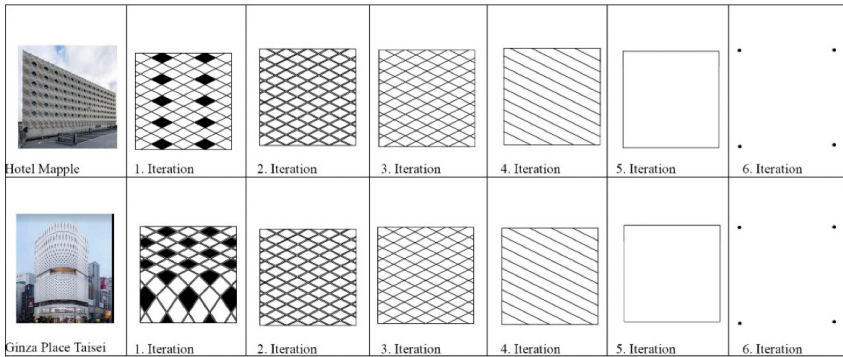


Figure 5: Deconstructive iterations of rectangular elements

The Manchester Maple hotel features a facade design consisting of folding equilateral triangles that have been adjusted to meet space requirements. The overall design was completed in five iterations, with the quantity of these components increased and repeated for the final design.

The Ginza Place Taisei structure employs a similar design approach, merging five iterations of rhombuses with the hotel. However, the materials and geometries used in the two structures diverge, resulting in different decay angles. Despite the differences in materials and geometries, both structures prioritize the relationship between full and empty spaces, with comparable organization of the units. These designs highlight the importance of considering context-specific factors when creating high-rise buildings.

4. FINDINGS

Within the scope of this study, buildings were evaluated based on descriptive descriptions in relation to the originality determination form (Figure 6). In this evaluation, the geometric aspects and iteration numbers of the façade were selected as primary factors. To express these elements as ratios of numbers, percentages of a circle slice were computed. The proportional share of the similarity ratio of the iteration numbers was determined based on the similarity number. The parametric similarity scale and percentages derived from these investigations were defined within the scope of the review. A scale is suggested that classifies the lines formed in the space plane defined by the set of design points, the geometries defined by these lines, and the stages from these geometries to the final parametric designs, beginning with the design point. Using this scaling, the creativity of architectural parametric designs is objectively evaluated. Through the objective evaluation of creativity, architects

can identify innovative and unique parametric designs that contribute to the evolution of the field. Furthermore, this approach allows for a more critical assessment of the originality of parametric designs, which is crucial in ensuring the continued progress of the field of architecture.

Name of the selected building	Full-empty relationship	Modular Facade (Torres, J.)	Non-Modular Facade	Perforated facade	Similar Number of Iteration (figure1)	Similarity Rate
Al Bahar Towers	x	✓	x	x	4	%70
University of Leeds Car Park	x	✓	x	✓	4	%70
Sunrise Tower	✓	x	✓	x	5	%88
City of Dreams	✓	x	✓	x	5	%88
Hotel in Manchester	✓	✓	x	✓	5	%90
Ginza Place	✓	✓	x	✓	5	%90

Figure 6: Originality evaluation form

5. CONCLUSION

In conclusion, the evolution of technologically-based architectural tools has resulted in a worldwide communication platform for design that enables the straightforward interchange of parametric design concepts. As a result of the evolution of technologically-based architectural tools, a worldwide communication environment for design has emerged. Owing to this design communication platform, it is very simple to exchange diverse parametric design concepts. This sharing results in the formation of a system that leads to design and manufacturing in the same mental layers. In favor of the pervasive and easily accessible content of parametric designs, designers have access to a wealth of examples. These changes deceive the designers regarding the originality of the parametric designs. This issue demonstrates that there is a severe absence of criticism on the degree to which the designs are original. Within the scope of the study, an objective strategy has been proposed by restricting architectural textures in parametric facades, namely architectural critique in parametric designs. This objective base descriptor is based on the visual recognition of deconstructive iterations. In this way, an objective paradigm for critiquing the originality of parametric designs has been constructed. Through this model, an objective paradigm for critiquing the originality of parametric designs has been constructed, which can be adapted and expanded to different types of facades as needed. The percentage rate of originality determination may vary depending on the number and nature of the

facade types being evaluated. Thus, this study provides a valuable contribution to the critical evaluation of originality in parametric designs. Using this model, the originality of parametric designs can be analyzed, and the following conclusions were reached:

- In parametric designs, while the descriptive point of view and designs can be defined differently, when the descriptive pictorial point of view and the deconstructive approach are followed, the designs can occasionally be very similar to one another, since they are essentially derived from one another.
- Architectural designs are created through deliberate or unconscious collaboration. These relationships are the consequence of the design consciousness including the idea and production processes. When new viewpoints are introduced to this consciousness, one can create innovative designs. When new insights are insufficient, designs lose their original value.
- As a result of all these obtained results and examined examples, and primarily within the framework of the necessity of the design field to contain freedom, innovation, and personality, the similarity of the architects' outputs as a result of the partnership system has an impact on the value of originality.

REFERENCES

- Attoe, W. (1978). *Architecture and Critical Imagination*, John Wiley& Sons, Chichester
- Boon, M. (2013). *In praise of copying*. Cambridge: Harvard University Press.
- Fuat, M., (1997). *Özgünlük avı*, Yapı Kredi Yayınları, İstanbul.
- Güzer, A., (2007). *Mimarlıkta gerçeğe taklidin sınırı*, Mimarlık Dergisi, 333, İstanbul.
- Jacob, S. (2012). Copying is both fundamental and dangerous to architecture says Sam Jacob of FAT. 15 Ekim 2015, <https://www.dezeen.com/2012/09/02/copying-is-both-fundamental-anddangerous-to-architecture-says-sam-jacob-of>
- Jencks, Charles, 2009, "What then is Post-modernism?", *The Post-modern Reader*, (ed.) Charles Jencks, Wiley Publications, New York, ss. 14-37.
- Miljacki, A. (2014). Introduction. A.Miljacki (Ed). *Under The Influence içinde* (7-10). Cambridge: SA+P Press
- Molodkina, L. (2020). Phenomenological dimensions of architectural creativity. *Agathos: An International Review of the Humanities & Social Sciences*, 11(2).
- Monedero, J. (2000). Parametric design: a review and some experiences. *Automation in construction*, 9(4), 369-377.

- Muşkara, Ü. (2017). Kırsal Ölçekte Geleneksel Konut Mimarisinin Korunması: Özgünlük. Selçuk Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi, (37), 437-448.
- Negroponte, N. (1995). Being Digital. London: Hodder&Stoughton Press
- Ozorhon, İ. F. (2008). Mimarlıkta özgünlük arayışları: 1950-60 arası Türkiye modernliği (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Senagala M., 2003. Time-like Architectures: The Emergence of Post-spatial Parametric Worlds. alındığı tarih 15.01.2023.
- Sonmez, M. (2017). Güncel mimarlıkta “özgün kopya” kavramı.
- Stephens, S. (1998). “Assesing The State of Architectural Criticism In Today’s Press” Architectural Record, 03/98, 68-69, 194
- Tanyeli, Uğur, 2015, “Güncel Mimarlık Düşüncesi: Norm Arayışından Özgürlük Üretimine Doğru”, Güncel Mimarlık Tartışmaları Sempozyumu, Hacettepe Üniversitesi Güzel Sanatlar Fakültesi, Ankara.
- Torres, J., Garay-Martinez, R., Oregi, X., Torrens-Galdiz, J. I., Uriarte-Arrien, A., Pracucci, A., ... & Cea, A. M. (2021). Plug and play modular Façade construction system for renovation for residential buildings. Buildings, 11(9), 419.
- Turuthan, T. (1987). Tasarlama Faaliyeti ve Tasarımcı Nitelikleri Üzerine Bir İnceleme. Karadeniz Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü. Doktor Tezi.
- Türkkkan, S., & Erdem, A. (2016). Stüdyo Pedagojisinde Özgünlük Kavramı Üzerine Deneyler: Önceller ile Tasarım. Megaron, 11(2).
- Uzunoglu, S. S., & Uzunoglu, K. (2011). The application of formal perception of gestalt in architectural education. Procedia-Social and Behavioral Sciences, 28, 993-1003.

Metasezgisellerle İç Mekân Tasarımı: Prototip Geliştirilmesi

BUSE BÖLEK¹, MEHMET ALİ ALTIN², HAKAN ÖZBAŞARAN³

^{1,2}Eskişehir Teknik Üniversitesi, ³Eskişehir Osmangazi Üniversitesi

¹busebolek@ogr.eskisehir.edu.tr, ²maaltin@eskisehir.edu.tr, ³ozbasaran@ogu.edu.tr

Özet

İç mekân tasarımı, mekânları işlevsel ve estetik açıdan çekici bir ortama dönüştürmenin temellerini içeren çok disiplinli bir uygulama alanıdır. Ayrıca, bir mekânın hem işlevselliğini hem de estetiğini artırmada önemli bir rol oynar. Mekânın tasarlama süreci, kullanım amacına ve kullanıcılarının ihtiyaçlarına bağlı olarak çeşitli seçenekler içerir. Mühendislik ve mimari tasarım problemlerine benzer şekilde, iç mekân tasarımı problemleri için tek bir uygulanabilir çözüm yoktur. Her kişiye, her mekâna ve her fonksiyonel karşılığa çeşitli çözüm önerileri getirilebilir. Fakat her mekânsal çözüm aynı kalitede değildir. Tasarımcı, tasarımını tamamlayabilmesi onun operasyonel kabiliyetlerine bağlı olarak değişir ve sadece insan gücünün yetebileceği sayısal tasarım yapabilir. Diğer taraftan bilgisayarlar, yapay zekâ yöntemleri ile en uyguna yakın bir çözümü kolayca bulabilir. Özellikle metasezgiseller, yapay zekânın iç mekân tasarım problemlerini çözmede kullanılabilen güçlü bir dahıdır. Bu çalışma, metasezgisel yöntemlerle iç mekân tasarım problemlerinin nasıl çözülebileceğini göstermeyi amaçlamaktadır. Önerilen uygulama, yeni yaşam alanının işlevselliğini ve estetiğini üst düzeye çıkarmak için verimli bir metasezgisel algoritma olan Jaya optimizasyon algoritmasını kullanır. Dahası, iç mekân tasarım sürecini kolaylaştırma ve tasarımcılara müşterilerinin ihtiyaçlarını karşılayan en uygun çözümleri yaratmada yardımcı olma potansiyeline sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Yapay zekâ, İç mekân tasarımı, Metasezgisel algoritmalar

Interior Design with Metaheuristics: A Prototype Application

BUSE BÖLEK¹, MEHMET ALİ ALTIN², HAKAN ÖZBAŞARAN³

¹Eskişehir Technical University, ²Eskişehir Osmangazi University

¹busebolek@ogr.eskisehir.edu.tr, ²maaltin@eskisehir.edu.tr, ³ozbasaran@ogu.edu.tr

Abstract

Interior design is a multidisciplinary practice that is fundamental in transforming a space into a functional and aesthetically appealing environment. Also, it plays a crucial role in enhancing both the functionality and aesthetic appeal of a space. The process of designing a space involves several options that depend on the intended use of the space and the needs of its users. Similar to engineering and architectural design problems, there is not a single feasible solution for interior design problems. There are a variety of options for every individual, space, and functional response. On the other hand, the feasible solutions are not of the same quality. The designer can only try a few designs to conclude the application project depending on his/her operation capability. However, computers can easily locate a near-optimal solution by implementing artificial intelligence methods. In particular, metaheuristics is a powerful branch of the artificial intelligence field that can be used to solve interior design problems. This study aims to demonstrate how interior design problems can be solved by metaheuristics. The proposed application utilizes the Jaya optimization algorithm, an efficient metaheuristic, to maximize the functionality and aesthetic appeal of the new living space. Moreover, it has the potential to facilitate the interior design process and assist designers in creating optimal solutions that meet the needs of their clients. Ultimately, the study highlights the importance of incorporating artificial intelligence techniques into interior design practices to optimize the functionality and aesthetic appeal of living spaces.

Keywords: Artificial intelligence, Interior design, Metaheuristic algorithms

1. INTRODUCTION

Interior design is a multifaceted process that considers various factors, such as physiological, ergonomic, social, and economic considerations, in planning and designing functional living spaces for humans. Designing compositions that integrate the harmony of volume, function, color, material, and methods results in the aesthetic and functional values of interior design (Kaptan, 1998). Moreover, interior architecture is a design discipline that deals with the organization and arrangement of interior spaces within structures. It encompasses the planning, design, and execution of interior spaces that are functional, safe, and aesthetically satisfactory (Demirarslan & Demirarslan, 2020). It also takes lighting, acoustics, and materials into account when designing comfortable spaces that improve the overall user experience (Altomonte et al., 2017).

The field of interior architecture and space design has undergone significant transformation due to persistent advancements in technology. In the past, the main objective of interior design was to create spaces that were practical and functional (Maneella, 1997). However, recent technological and scientific advancements have encouraged architectural research that seeks to enhance the way people perceive space (Rashdan, 2016). These developments highlight contemporary approaches to interior design, which aim to create a better environment for individuals by incorporating psychological and physical aspects of space (Reddy et al., 2012). Furthermore, these design approaches allow for the possibility of personalized designs that combine traditional solutions with suggestions blended with contemporary technologies, resulting in a space that is tailored to the individual's specific needs and preferences (Huang & Huang, 2014).

The integration of digital technologies and computational design tools has had a profound impact on the field of architecture, leading to the rapid expansion of software applications. Although these technologies have moved away from manual drawings and physical models, architects and designers still need to grapple with spatial challenges and generate original ideas (Kolarevic, 2004; Oxman, 2004). In order to design, plan, and remodel new buildings as well as quickly present potential concepts to clients, architects and engineers now frequently use digital technologies (Oerter et al., 2014). However, despite the convenience that these technologies provide, the majority of design inputs still require manual control. At this point, designers are using artificial intelligence and various algorithmic techniques to translate their ideas into the real world. In the field of interior design, artificial intelligence is used to contribute to

parametric design, smart materials, 3D and 4D printing, smart homes, and the diversification of functional conditions within a space (Min, 2021).

Recent advances in artificial intelligence (AI) technology have afforded interior design new opportunities (Chen & Wang, 2020). The integration of optimization algorithms and metaheuristics represents one of the most promising new opportunities. By exploring the extensive design space and identifying the best possible solutions, optimization algorithms enable the automation and optimization of the design process. They can identify optimal solutions in less time than conventional design methods. Metaheuristics is an optimization algorithm used for solving complex optimization problems (Gogna & Tayal, 2013). They provide a method for efficiently searching for solutions in large and complex design areas where conventional optimization techniques may not be applicable. There are two primary categories of metaheuristics: single solution-based and population-based (Katoch et al., 2021). These algorithms employ a variety of methodologies, such as evolutionary (Bremermann et al., 1966), swarm-based (Gad, 2022), physics-based (Kirkpatrick et al., 1983), and human behavior-related algorithms. The primary purpose of these algorithms is to identify the optimal solution to an optimization problem. Metaheuristic algorithms are considered an application of artificial intelligence because they are frequently controlled by computer-based models or simulations and exhibit human-like behavior (Swarnkar, 2020). Consequently, metaheuristic algorithms have considerable potential in the field of AI and are especially useful for solving design problems.

In the modern era, relocation has become an integral component of many people's lives. In order to make informed decisions, tenants rely heavily on photographs of available homes displayed on a variety of websites and applications. Nevertheless, such images frequently do not accurately depict the interior complexity of the homes. Therefore, individuals must consider how to organize their belongings in their new homes. The purpose of incorporating artificial intelligence technology is to develop a program that can provide placement suggestions for pre-existing objects in a new residence. In this context, our research seeks to enhance the functionality of the home by recommending optimal furniture placement in the new area. As the first step of the process, this study presents the results of a simple AI-powered prototype application that searches for feasible solutions to a simplified interior design problem using a metaheuristic. This study should be considered the preliminary tests and results of how AI can help solve interior design problems.

2. METHODOLOGY

The backbone of the prototype application is a metaheuristic algorithm called the Jaya Algorithm (Venkata Rao, 2016). The metaheuristic algorithms are artificial intelligence methods that explore the design space and try to discover the near-optimal solution(s). The development of metaheuristic algorithms is mostly influenced by natural, biological, and physical phenomena. These designs allow them to simulate intelligent behavior. For this reason, they are classified as artificial intelligence methods. The Jaya Algorithm follows a greedy search strategy; it attempts to move away from the worst solution while approaching the best one. As with all other metaheuristics, the Jaya Algorithm does not require a complete mathematical description of the problem. To design with additional elements, simply apply the parameters of the additional elements to the design vector. In addition, metaheuristic algorithms are not problem-specific; they are intended to address any optimization issue. The Jaya Algorithm is chosen because it can be programmed easily. The algorithm is implemented using the Python programming language.

In this prototype, the first step is to define the dimensions of the existing living space plan and the interior elements to be placed within it as inputs. Based on these inputs, a discrete space is defined with intervals of 10 cm. The algorithm first generates a population within this discrete space (Figure 1). This population is then evaluated based on penalty functions that are defined in accordance with the interior design requirements. To process the population through the penalty function, the necessary geometric values are calculated by the relevant functions. Penalty functions are then evaluated based on these values. The penalty values within these functions are customized based on which interior element corresponds to the inputs. The highest penalty in this algorithm is 50000, while the lowest penalty is 0 (which identifies a feasible solution).

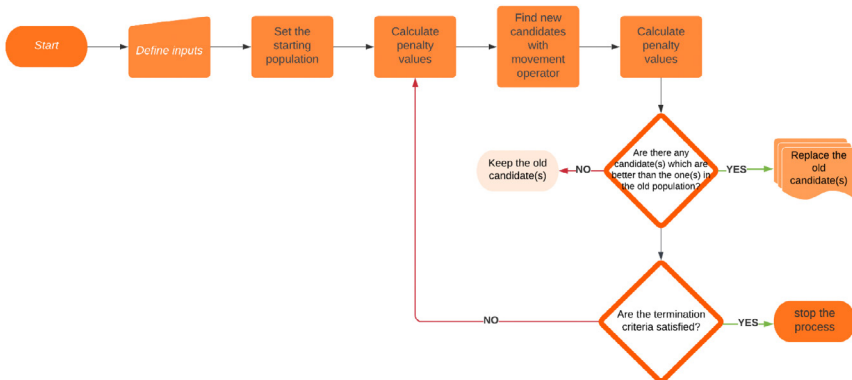


Figure 1: Automatic interior design flowchart

Since metaheuristic algorithms may generate candidates that are far from the nature of the considered problem, the generated candidates should (mostly) be repaired in each iteration. Two repair functions are used in the design procedure. The former keeps the items in the design space; and the latter verifies and rectifies the alignment of the objects with respect to their width and length dimensions relative to each other. The Jaya movement operator is used to determine the next population after calculating the first one. Then, each candidate is compared to the corresponding solution in the previous population. The better candidates are retained, and the process is repeated for the specified number of iterations. When the iteration is complete, the best candidate is identified as the near-optimal solution. Thus, this approach aims to search for the best feasible interior design solution using a metaheuristic algorithm.

3. CASE STUDY

A simplified living room's interior design is considered a case study. The plan of the living room and door are defined as constant inputs the problem is a living room that contain a sofa and a television. In this study, a discrete space is defined in the plan, ranging vertically from 0 to 300 and horizontally from 0 to 500 at intervals of 10 cm (Figure 2). Within this space, three variables are defined: door, sofa, and TV. The door variable is kept fixed, meaning that the algorithm takes the coordinates of the door's position as input, and all subsequent calculations are performed while keeping the door and its associated variable values constant. On the other hand, the sofa and TV variables can be changed, allowing for movement within the defined space.

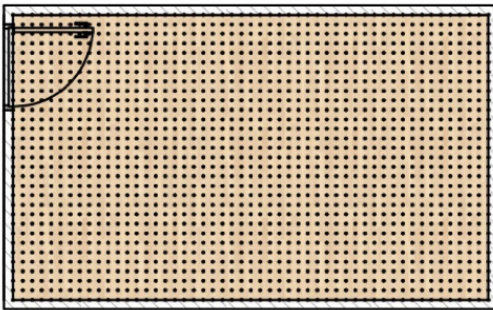


Figure 2: Living room plan with discrete coordinate points

In optimization problems, the location vectors are updated using a movement operator based on limit values and penalty functions that affect all variables. To begin with, an algorithm generates a population drawing values from the mentioned discrete space. This population is represented as a matrix that includes the respective coordinate values and penalty values for the sofa, television, and door (Equation 1).

$$Pop = \begin{pmatrix} X_{sofa1} & Y_{sofa1} & X_{tv1} & Y_{tv1} & X_{door1} & Y_{door1} & Penalty_1 \\ X_{sofa2} & Y_{sofa2} & X_{tv2} & Y_{tv2} & X_{door2} & Y_{door2} & Penalty_2 \\ X_{sofa3} & Y_{sofa3} & X_{tv3} & Y_{tv3} & X_{door3} & Y_{door3} & Penalty_3 \\ & & & & & & \vdots \\ & & & & & & \vdots \\ X_{sofan} & Y_{sofan} & X_{tvn} & Y_{tvn} & X_{doorn} & Y_{doorn} & Penalty_n \end{pmatrix} \quad (1)$$

In this study, three penalty functions are used for the objects. The first penalty function's primary purpose is to determine if the television and sofa are parallel. Candidates are penalized if they are not parallel, as determined by Equation 2. The alignment of the television and sofa is assessed to determine if they are parallel. If they are aligned, the penalty is zero. The second penalty function calculates the appropriate distance between the TV and sofa. The resulting value is then compared with the required distance, and if the distance is inappropriate, a penalty is calculated using Equation 3. The third function penalizes the intersection between all objects, calculated using Equation 4. All these penalty values are summed and appended at the end of each matrix row (Equation 1).

$$P1 = |(X_{sofa} - X_{tv}) + (Y_{sofa} - Y_{tv})| * 100 \quad (2)$$

$$P2 = \sqrt{(X_{sofa} - X_{tv})^2 + (Y_{sofa} - Y_{tv})^2} - \left(\frac{Tvlength}{10}\right) * 12 + 60 \quad (3)$$

$$P3 = (\text{number of intersection coordinates}) * 100 \quad (4)$$

The optimization process is repeated for the specified number of iterations to gradually converge towards the best feasible solution. In this design problem, 1000 iterations and 20 independent runs were executed to generate near-optimal solutions. The use of multiple independent runs and an adequate number of iterations ensures that the algorithm is able to explore a wide range of solutions and overcome stagnation. The resulting two-dimensional outputs represent the recommended designs that satisfy the desired constraints and objectives to a significant value.

4. DISCUSSION

In this case study, the population size is taken 20, the number of iterations is set to 1000 and 20 consecutive runs are executed. As a result, three solutions with penalty values other than zero, and 17 solutions that meet both the penalty and constraint conditions are discovered. Some of the solutions with and without penalties are presented in Figure 3. The 14th and 5th iterations are only two of the 17 results with a penalty value of 0. The remaining penalty-free solutions are variations of these two solutions.

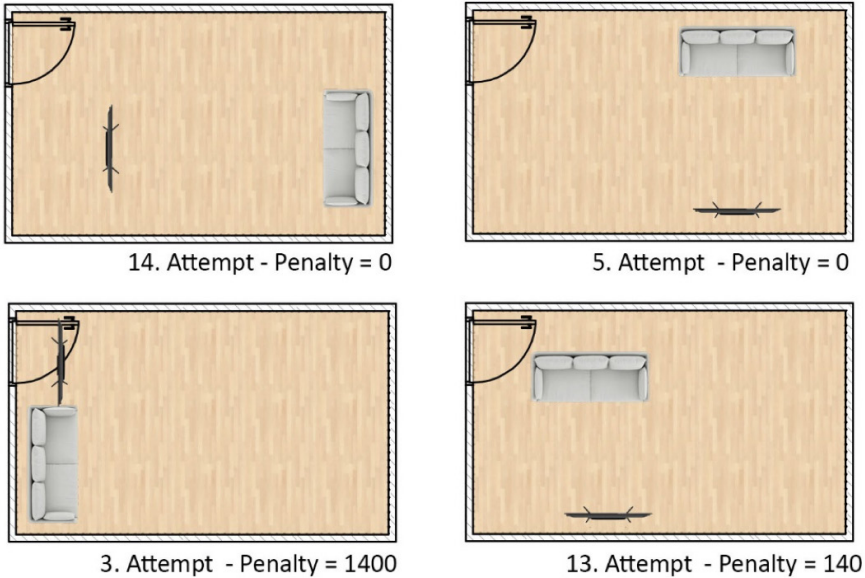


Figure 3: Optimization results

In the 3rd attempt, a penalty value of 1400 was assigned due to the intersection of the coordinates of the door and the chair, and the non-parallel and non-aligned placement of the sofa and TV. In the 13th attempt, the penalty was imposed based on the intersection coordinates of the sofa, which limited the usability of the door.

In this context, an artificial intelligence procedure described by this metaheuristic algorithm can provide indoor layout recommendations with an 85% success rate. It is worth noting that the success of this AI procedure heavily relies on the accuracy and appropriateness of the defined constraints and penalties. This prototype has the potential to revolutionize the design process of indoor spaces, as it can rapidly generate layout options based on various

constraints and objectives. However, it is important to acknowledge that this system is not flawless and may require fine-tuning or further development to improve its accuracy and applicability in different contexts.

5. CONCLUSION

The presented method expedites the design process, assesses data differences, and allows you to select the optimal design. In the future, this method could be used in a variety of interior design applications to optimize the design processes. The following are the outcomes of the introduced application:

- The number of iterations used in the optimization process is adequate to reach the optimal solution.
- The implemented metaheuristic algorithm (Jaya) achieved an 85% success rate in interior design.
- Using the open-source Python programming language can be useful for creating an application interface for future studies.
- With the application of artificial intelligence, interior design-appropriate ergonomic design advice can be obtained.
- Due to the Jaya Algorithm, design vectors and parameters of other interior elements can be easily added. In this way, the algorithm will be able to present interior design suggestions for the future.

These findings highlight the potential of using metaheuristic algorithms, such as the Jaya Algorithm, for interior design optimization, indicating that the proposed procedure is effective in generating satisfactory solutions. However, further research is necessary to confirm the approach's performance on a range of design problems and evaluate its applicability in real-world problems. Additionally, integrating user preferences and constraints into the design process can enhance the usability and customization of the resulting solutions. Consequently, the AI-assisted prototype presented in this study serves as a tool that can significantly contribute to the residential relocation process. By assessing the size and placement of furniture in relation to available space, the technology can offer physically ergonomic recommendations. This tool allows customers to visualize the interior of their homes with greater clarity, enabling them to make more informed decisions when selecting a new home. In future research, we intend to increase the applicability of this technology by creating a user-friendly interface and transforming it into a three-dimensional tool for solving general interior design issues.

REFERENCES

- Altomonte, S., Rutherford, P., & Wilson, R. (2017). Indoor Environmental Quality: Lighting and Acoustics. In *Encyclopedia of Sustainable Technologies* (pp. 221–229). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.10196-4>
- Bremermann, H. , J., Rogson, J., & Salaff, S. (1966). Global properties of evolution processes. *Natural Automata and Useful Simulations*, 3–42.
- Chen, Z., & Wang, X. (2020). Application of AI technology in interior design. *E3S Web of Conferences*, 179, 02105. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017902105>
- Demirarslan, D., & Demirarslan, O. (2020). Digital Technology and Interior Architecture. *Kocaeli Üniversitesi Mimarlık ve Yaşam Dergisi*, 561–575. <https://doi.org/10.26835/my.787081>
- Gad, A. G. (2022). Particle Swarm Optimization Algorithm and Its Applications: A Systematic Review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 29(5), 2531–2561. <https://doi.org/10.1007/s11831-021-09694-4>
- Gogna, A., & Tayal, A. (2013). Metaheuristics: review and application. *Journal of Experimental & Theoretical Artificial Intelligence*, 25(4), 503–526. <https://doi.org/10.1080/0952813X.2013.782347>
- Huang, Y.-C., & Huang, S. C.-C. (2014). A Personalized Smart Living Room (pp. 37–47). https://doi.org/10.1007/978-3-319-07788-8_4
- Kaptan, B. (1998). İcmimarlığın Olusum ve Orgutlenme Sureci. *Anadolu Sanat Dergisi*, 8, 64–87.
- Katoch, S., Chauhan, S. S., & Kumar, V. (2021). A review on genetic algorithm: past, present, and future. *Multimedia Tools and Applications*, 80(5), 8091–8126. <https://doi.org/10.1007/s11042-020-10139-6>
- Kirkpatrick, S., Gelatt, C. D., & Vecchi, M. P. (1983). Optimization by Simulated Annealing. *Science*, 220(4598), 671–680. <https://doi.org/10.1126/science.220.4598.671>
- Kolarevic, B. (2004). *Architecture in the Digital Age* (B. Kolarevic, Ed.). Taylor & Francis. <https://doi.org/10.4324/9780203634561>
- Maneella, C. A. (1997). Interior design. *Current Biology*, 7(10), R599. [https://doi.org/10.1016/S0960-9822\(06\)00306-X](https://doi.org/10.1016/S0960-9822(06)00306-X)
- Min, J. (2021). Model construction of artificial intelligence technology in interior residential space design. *2021 2nd International Conference on Information Science and Education (ICISE-IE)*, 1154–1157. <https://doi.org/10.1109/ICISE-IE53922.2021.00260>

- Oerter, J., Suddarth, W., Morhardt, M., Gehringer, J., McGinnis, M. L., Shockley, J., & Baysa, A. (2014). A system architecture and simulation environment for building information modeling in virtual worlds. *The Journal of Defense Modeling and Simulation: Applications, Methodology, Technology*, 11(3), 205–210. <https://doi.org/10.1177/1548512913504839>
- Oxman, N. (2004). *Material-based Design Computation*. <http://dspace.mit.edu/handle/1721.1/7582>
- Rashdan, W. (2016). *The impact of innovative smart design solutions on achieving sustainable interior design*. 623–634. <https://doi.org/10.2495/SC160521>
- Reddy, S. M., Chakrabarti, D., & Karmakar, S. (2012). Emotion and interior space design: an ergonomic perspective. *Work*, 41, 1072–1078. <https://doi.org/10.3233/WOR-2012-0284-1072>
- Swarnkar, A., & Swarnkar, A. (2020). *Artificial Intelligence Based Optimization Techniques: A Review* (pp. 95–103). https://doi.org/10.1007/978-981-15-0214-9_12
- Venkata Rao, R. (2016). Jaya: A simple and new optimization algorithm for solving constrained and unconstrained optimization problems. *International Journal of Industrial Engineering Computations*, 7(1), 19–34. <https://doi.org/10.5267/j.ijiec.2015.8.004>

Bir İnsan-Makine Etkileşim Sistemi Olarak Mimaride Hikaye Üreten Yapay Zekaya Doğru: “The Fountainhead” Örneği

ŞULE TAŞLI PEKTAŞ¹, BİLGE SAĞLAM²

^{1,2}OSTİM Teknik Üniversitesi

¹sule.taslipektas@ostimteknik.edu.tr, ²bilge.saglam@ostimteknik.edu.tr

Özet

Son yıllarda mimarlık, yapay zekâ uygulamalarında, özellikle de makine öğrenimi alanında kayda değer bir büyümeye tanık olmuştur. Goodfellow ve diğerleri (2014) tarafından Generative Adversarial Networks’ün (GANs) geliştirilmesi, mimari tasarım için üretken makine öğrenimi sistemlerinin yaygınlaşmasını hızlandırmıştır. Mimari yapıların tasarımında, kullanımında ve algılanmasında kavramsal düzen, mekânsal ve sosyal anlatı önem taşımaktadır. Mimari tasarım, insanoğlunun diğer yaratıcı faaliyetlerine benzer şekilde, bir hikâye anlatma biçimi olarak kabul edilmektedir. Bu çalışmada, yapay zekanın mimaride hikâye anlatımı ile bir insan-makine etkileşim sistemi olarak kullanılma potansiyeli araştırılmaktadır. Araştırma, mimari anlatıyı analiz etmek, geliştirmek ve değerlendirmek için göstergebilim ve makine öğrenimi tekniklerinin nasıl kullanılabileceğini incelemektedir. Göstergebilim, seçilen edebi eserdeki öğeler arasındaki ilişkileri yeniden kurgulamak için yapısalcı bir yaklaşım olarak benimsenmiştir. Ayn Rand’ın nesnellik ve modernist mimari perspektifinde alternatif bir New York şehri öneren “Fountainhead” romanı vaka çalışması için seçilmiştir. Kitapta yer alan binalara ilişkin göstergebilimsel işaretler çıkarılmış, ardından gösterenler (düzanlam ve yananlam türleri) ve gösterdikleri anlamlar belirlenmiş ve tabloluşturulmuştur. Daha sonra, kitaptan seçilen metin örneklerinden hareketle yapıların görüntülerini oluşturmak için, üç farklı yapay zekâ tabanlı metin-görüntü dönüştürücüsü kullanılmıştır. Bu çalışma sürecinde, yapay zekâ ile elde edilen tekil görüntülerin ardışık şekilde bir hikâye oluşturma ve kavramsal tasarım sürecine rehberlik etme potansiyellerine sahip olduğu görülmektedir. Binaların yananlam ve düzanlam tanımlarının birleştirilmesinden elde edilen sonuçlar, tasarım düşüncesinin gelişmesine olanak sağlayabilir. Gösterge analizinden elde edilen daha somut metin yapıları, bu aşamada üretilen çok sayıda görsel imgenin de ortaya koyduğu gibi, hikâye anlatımı yaklaşımını etkili bir şekilde yönlendirebilir. Elde edilen görsel sonuçlara dayanarak, yaygın

olarak bilinen üç metin-görüntü dönüştürücüsünün avantajları, sınırlamaları ve karşılaştırması da ortaya koyulmaktadır. Bu araçlar henüz gelişmekte olsa da gelişmeler yakında yapay zekâ arayüzlerinin edebi anlatıları otomatik olarak görsel sekanslara dönüştürebileceğini ve böylece yeni hikayeler yaratma becerisi kazanabileceğini göstermektedir. Bundan sonraki aşamanın, mimariyi hikâye anlatmanın etkili bir yolu haline getirmenin yalnızca görsel düzeyde olmayacağını; metnin temelindeki çağrışımlar, tartışmalar ve söylemlerle birlikte desteklenerek insan-makine ortak yaratımı olabileceği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yapay Zekâ, Yapay Zekâ Destekli Tasarım, Dijital Hikâye Anlatıcılığı, Anlatı Mimarisi, Mimari Tasarım, Göstergebilim, Fountainhead

Towards Story-telling AI in Architecture as Human-Machine System: The Case of “the Fountainhead”

ŞULE TAŞLI PEKTAŞ¹, BİLGE SAĞLAM²

^{1,2}OSTİM Technical University

¹sule.taslipektas@ostimteknik.edu.tr, ²bilge.saglam@ostimteknik.edu.tr

Abstract

In recent years, the field of architecture has witnessed remarkable growth in the application of artificial intelligence, particularly in the sub-field of machine learning. The development of Generative Adversarial Networks (GANs) by Goodfellow et al. (2014) accelerated the development of generative machine learning systems for architectural design. Conceptual ordering, spatial, and social narrative are fundamental in the design, use, and perception of buildings. Similar to many other creative endeavors of human beings, architectural design is considered a form of storytelling. This paper explores the potential of using artificial intelligence as a human-machine system for storytelling in architecture. The study aims to investigate how semiotics and machine learning techniques can be utilized for analyzing, developing, and evaluating narrative architecture. In this study, semiotics is adopted as a structuralist approach to reconstruct the relationships between elements in the selected literary corpus. The novel “Fountainhead” by Ayn Rand which proposes an alternative New York City within the perspective of objectivity and modernistic architecture was chosen as the case study material. The semiotic signs referring to buildings were extracted from the book. Then the signifiers (denotation and connotation types) and their signified meanings are specified and tabulated. After that, three different text-to-image generators were used to generate building images according to textual samples from the book. In the process of this study, it is seen that the single images obtained with artificial intelligence have the potential to create a story in a sequential manner and guide the conceptual design process. The results from combining connotation and denotation descriptions of buildings can lead to unleashing the development of design thinking. The more concrete structures derived

from denotation analysis can effectively guide the storytelling approach, as witnessed through the multitude of visual images produced in this phase. The advantages, limitations, and comparisons of three widely-known text-to-image generators were presented. The study also explored the key distinctions between deciphering the text into connotation and denotation layers to have more control over the autonomous process and the outcomes generated by artificial intelligence generators. Although these tools are still emerging, the developments indicate that soon, AI interfaces can automatically transform the literary narratives into visual sequences and thus gain the ability to create new stories. It can be envisaged that the next stage, making architecture an effective way of storytelling, will not only be at the visual level; but it can be a human-machine co-creation, supported by the connotations, discussions and statements underlying the text.

Keywords: Artificial Intelligence, Artificial Intelligence Aided Design, Digital Storytelling, Narrative Architecture, Architectural Design, Semiotics, Fountainhead

1. INTRODUCTION

Recent years have witnessed considerable growth in artificial intelligence applications in architecture, particularly in the machine learning sub-field. The development of Generative Adversarial Networks (GANs) by Goodfellow et al. (2014) accelerated the development of generative machine learning systems for architectural design (Chaillou, 2019). Currently, GANs utilize a wide range of built environment-related data, including GPS, street view images, 3D models, architectural drawings, and building performance models, and are applied at buildings, district, and city levels (Wu et al., 2022). At the building level, GANs were used for many purposes, such as generating spatially optimized designs (Nauata et al., 2020; Luo & Huang, 2022; Sun et al., 2022), restoring old building facades (Zhao et al., 2020), providing inspiration for architects (Chen & Stouffs, 2021) and a collaborator in students' design process by integrating datasets with their sketching skills (Akcaç Kavakoglu et al, 2022). As the use of machine learning in architecture matures, the attempts to create culturally and architecturally meaningful outputs with this technology have also increased (Huang et al., 2021).

Like many other creative endeavors of human beings, architectural design is considered a form of storytelling. In architecture, narrative focus on human experiences and emphasizes the building's meaning rather than performance. Instead of limiting architecture to a mere style or a showcase of technology, it prioritizes how buildings are experienced (Coates, 2012). According to Psarra (2009), conceptual ordering and spatial and social narrative are fundamental to buildings' design, use, and perception. Examining the interactions between these three dimensions is essential for any robust discussion of architectural design. It is widely accepted that great architecture should tell a story that is coherent, meaningful, and expressive (Scheeren, 2016; Emmons et al., 2017).

McDrury & Alterio (2003, pp. 47) aimed to guide a storytelling approach in education due to its potential for reflective, constructive learning and accelerated conceptual thinking. Therefore, they created a model by dividing the learning through the storytelling approach into (1) story finding, (2) storytelling, (3) story expanding, (4) story processing, and (5) story reconstructing. In architecture education, on the other hand, the storytelling models are implemented through various approaches, such as reconstructing the literary product into architectural processes by exploring the metaphors and ambiguous spaces of Kafka's works (Hisarlıgil, 2012), reproduction of textual narrative into architectural representation, conceptual design and two-dimensional architectural drawings and three-dimensional models (Öztürk &

Kuloğlu, 2017) and analysis of the hermeneutic reading to provide the drawing and modeling phase (Şenyiğit, 2021).

Before the technological developments in AI and experiments about the usage of text, the OuLiPo Group (Workshop of Potential Literature) founded in France in 1960's uncovered the spatial creativity and interdisciplinary nature of text and literature. Regarding their legacy, Ou-X-Po model continues their manifesto with different techniques such as OuPeinPo (Workshop for Potential Paint) (1980) experiments using visual media, OuBaPo (Workshop for Potential Comics) (1992) associated with narrative strings and OuArcPo (Workshop for Potential Architecture) (2001) (Bilir & Yıldız, 2020). Queneau (1947/2013), the founder of OuLiPo, demonstrated the 99 possibilities of a single story with linguistic and mathematical exercises in his book "The Experiments in Style" which can be thought of as the earliest experiment of AI text generators. Taşlıoğlu (2018) conducted spatial experiments to generate visual narratives of the 99 different versions of the story from the book.

As mentioned before, machine learning has been employed in many other areas of the architectural design process and the storytelling approach has been implemented in architecture education. However, the relationship of machine learning to narrative architecture has not been investigated yet. Our study aims to fill this research gap and presents an analysis of the existing machine learning tools in architectural storytelling using the novel "The Fountainhead" as a case study. The research questions of the study are presented below:

1. What are the potentials of story-telling AI in architecture as a human-machine system?
2. How can semiotics and machine learning techniques be utilized for analyzing, developing, and evaluating narrative architecture?

The second section of the paper explains the methodology of the study. The third section includes the findings, and the final section presents a discussion of the findings and conclusions.

2. METHODOLOGY

This study utilizes semiotics as an analytical tool to investigate the formation of meaning in architectural narrative. Ferdinand de Saussure's (1916) linguistic model forms the basis of the definition and applications of semiotics in many areas, including literature, anthropology, art, and architecture. According to Saussure, semiotics studies how meaning is created through the relationship between the signifier and the signified. Signifier is any expression that signifies such as text, image, gestures, etc. Signified is the concept that the

signifier conveys. The signifier and the signified together constitute the sign, the smallest unit of meaning. About 50 years after Saussure's death, French semiologist Roland Barthes further elaborated Saussure's semiotic theory and recognized the difference between denotation and connotation (Barthes, 1964/1967). While denotation is a sign's most basic or literary meaning, the connotation is a sign's secondary, cultural meaning (Figure 1).

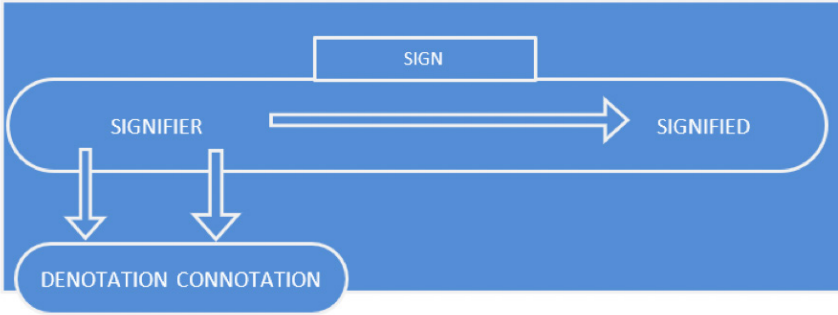


Figure 1: Barthes' definition of the basic elements of a sign (Diagram developed by the authors according to Barthes, 1964/1967)

The novel "Fountainhead" by Ayn Rand (1943) was chosen as the case study material. The book proposes an alternative New York City within the perspective of objectivity and the modernistic view of architecture. The book's protagonist, Howard Roark, resembles the well-known modern architect Frank Lloyd Wright since Wright's buildings and the imaginary ones mentioned possess similar characteristics. This particular book was selected for the case study because it includes semiotically rich examples of architectural narrative interwoven with denotations and connotations. According to the procedure recommended by Cullum-Swan & Manning (1994), the authors conducted a semiotic analysis. Both interpretants are architect-academics who are highly knowledgeable in modern architecture and have experience in semiotic analysis. The authors thoroughly read the book, and semiotic signs referring to buildings were extracted. Signifiers (denotation and connotation types) and their signified meanings are specified and tabulated. Then, three different text-to-image software applications (Stable Diffusion 2.0, Midjourney, and DALL-E 2) were used to generate building images according to textual samples from the book. While denotation signifiers were entered into the machine learning systems as they are, connotation signifiers were entered both in their original syntax and semiotically analyzed form.

The study uses three novel open-access diffusion text-to-image generators, which use diffusion models. Diffusion models are machine learning systems that were designed to remove noise from images. They are trained on millions of text/image pairs; thus, as a response to a text prompt, the system generates a new image that matches the prompt (Radford et al., 2021). Recently, diffusion models have outperformed GANs and become state-of-the-art image generators (Dhariwal & Nichol, 2021). DALL-E 2 is a developed version of DALL-E created by OpenAI, which is trained with both semantic text and visual references. Midjourney is another AI tool that uses Discord's cloud service with bot commands. Since Midjourney launched in July 2022, version 4 was released, and the analysis was based on this last system version. It allows users to use the system with comprehensive guidance of the parameters. Midjourney and DALL-E 2 enable users to add a referenced input picture for a more accurate process. Yet, the open-access version of Stable Diffusion utilized in this study does not have this ability. Stable Diffusion 2.0 differs from the others with its completely open accessed system. It has two levels of generating an image, firstly by the prompt section and secondly with the aid of the negative prompt area that aims to simplify the image and produce more relevant outcomes.

3. FINDINGS

The analysis included textual samples for two buildings from the book: Gowan Service Station and The Stoddard Temple to the Human Spirit. In the Gowan Service Station study, connotation and denotation examples were used directly, without semiotic analysis. All the textual material was fed into Stable Diffusion 2.0, Midjourney and DALL-E 2 artificial aided text to image generators. The results were recorded as diagrams. Figures 2 to 5 show samples from the results. It was observed that all of the machine learning systems performed well for denotations (Figure 4-5), but they demonstrated rather abstract results for connotations (Figures 2-3).

The connotation and denotation descriptions of the Gowan Service Center were combined and fed into the machine learning tools (Figure 6). The results are shown in Figure 7.

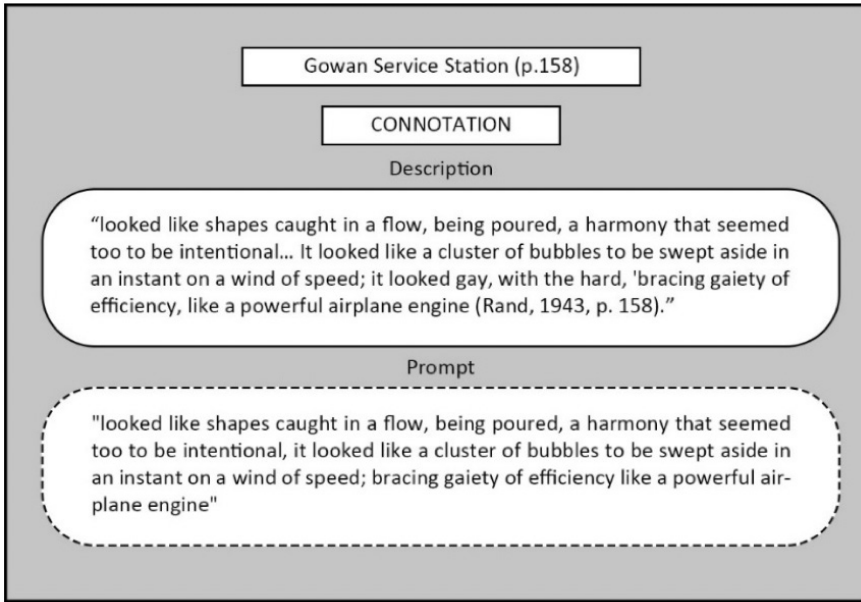


Figure 2: The connotation descriptions of the “Gowan Service Center”

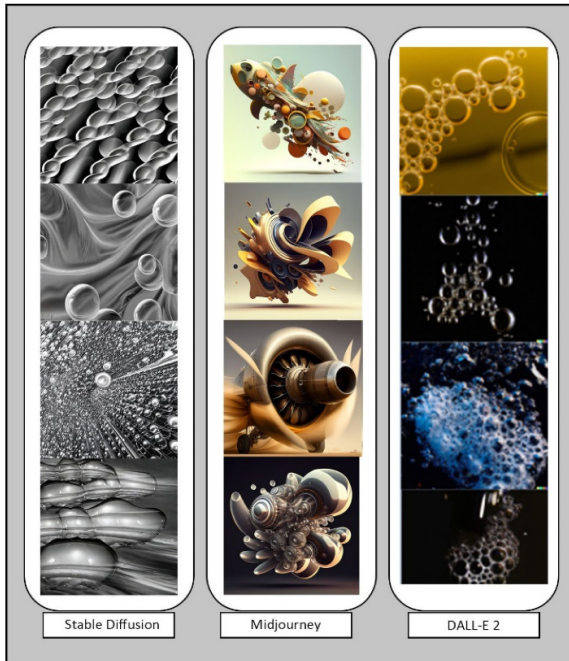


Figure 3: The results of the connotation descriptions of the “Gowan Service Center”

In the Gowan Service Center study, the connotation experiment with Stable Diffusion 2.0 and Midjourney demonstrated more powerful images that can be used as inspiration for conceptual design. At this stage DALL-E generated less abstract and superficial results (Figure 3). In the denotation experiment, the visual results appeared to be more consistent with the modernist gas station portrayals (Figure 5). When the prompt results were combined, a mixture of abstract and concrete design examples were obtained. The visual outcomes from this phase showed that Stable Diffusion 2.0 and DALL-E 2 elaborated the initial results further, while the images from Midjourney remained almost same (Figure 7).

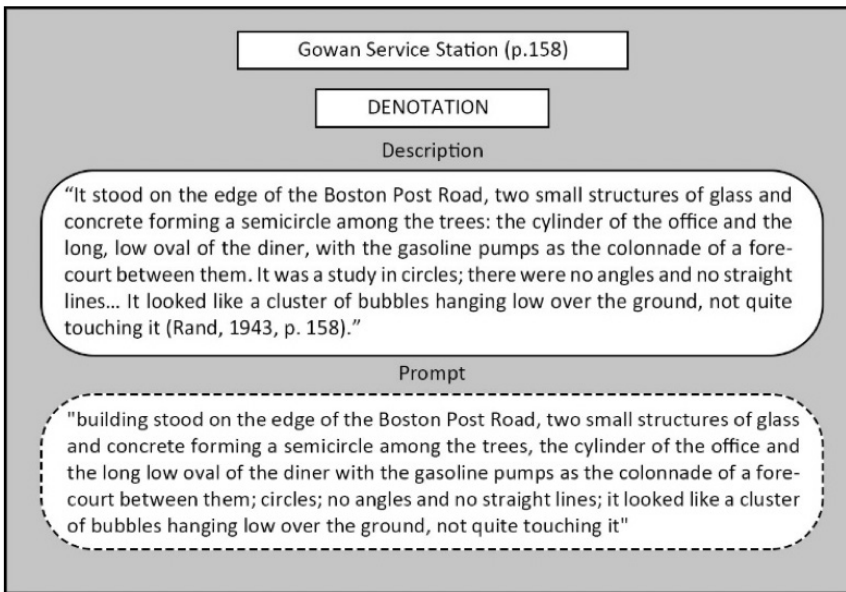


Figure 4: The denotation descriptions of the "Gowan Service Center"

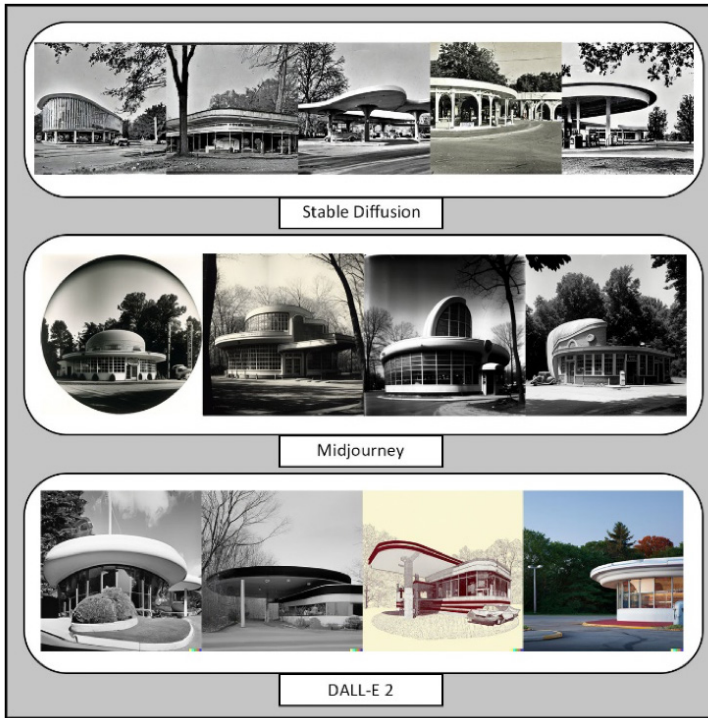


Figure 5: The results of the denotation descriptions of the “Gowan Service Center”

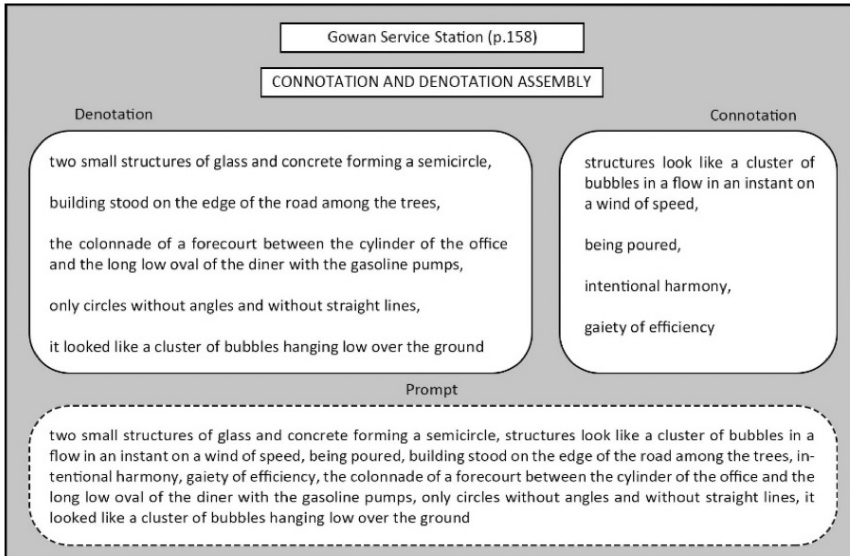


Figure 6: The assembled connotation and denotation descriptions of the “Gowan Service Center”

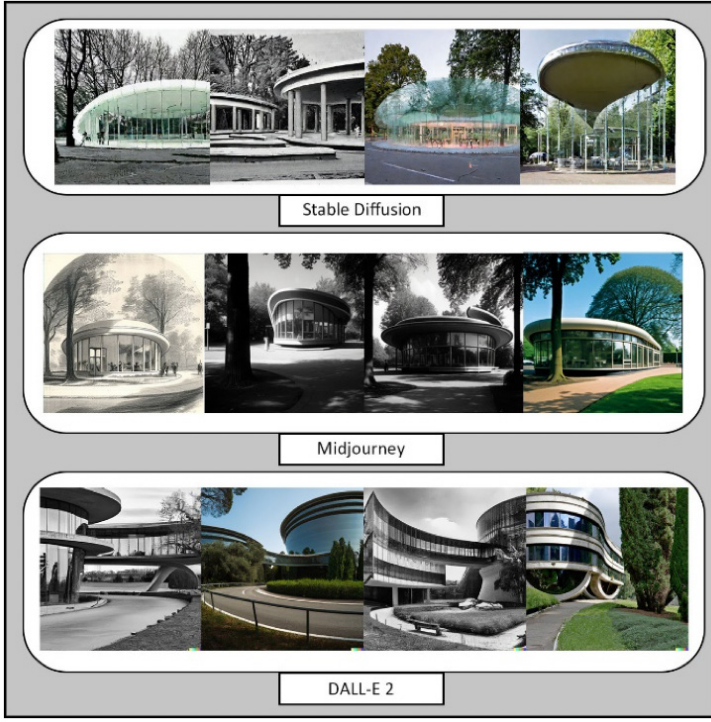


Figure 7: The results of the combined connotation and denotation descriptions of the “Gowan Service Center”

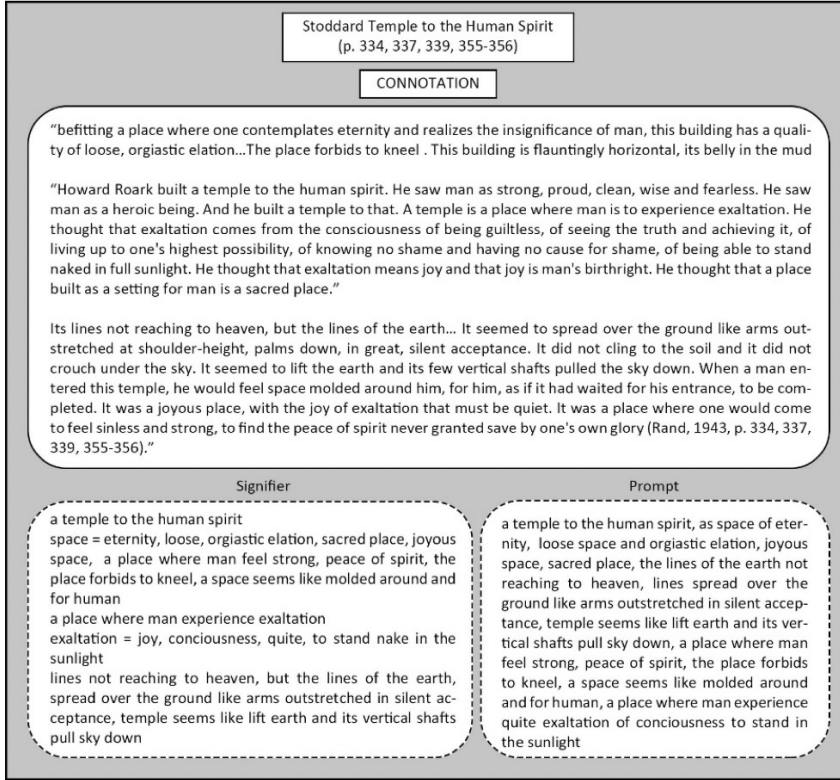


Figure 8: The connotation descriptions and the semiotically analyzed connotation descriptions of "The Stoddard Temple to the Human Spirit"

In the second study, the textual samples related to "The Stoddard Temple to the Human Spirit" were employed. Since the connotation descriptions were much denser compared to the first example, the text was semiotically processed before feeding into the systems (Figures 8-9). The denotation descriptions were used in their original form (Figure 10) to generate exterior (Figure 11) and interior (Figure 12) images of the building.

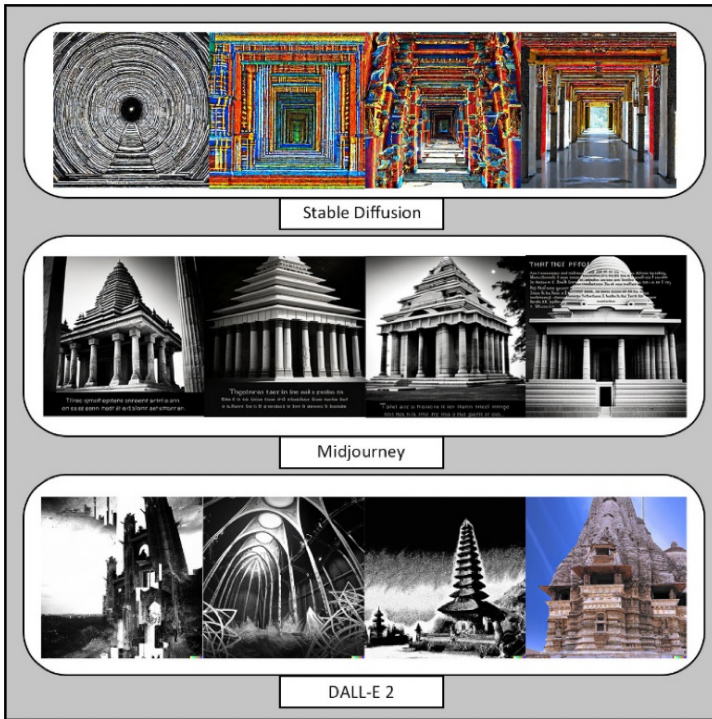


Figure 9: The results of the semiotically analyzed connotation descriptions of “The Stoddard Temple to the Human Spirit”

The analysis results from “The Stoddard Temple to the Human Spirit” suggested that the visuals created with connotation descriptions can guide the conceptual part of the design process (Figure 10). The intervention of semiotic analysis alleviated the abstractness of the connotation results which was observed in the previous case study. Midjourney performed as a better guidance tool in the first case study; however, in the second building, it can be seen that syntactic arrangement changed the results, and the findings deviated from what was expected. The narration in the book covers both the interior and the exterior of the building and this aspect enriched the design phases, spatial environment, and sequential data. For this reason, the denotation analysis part consisted of two different phases. The results contained various material usage and formal depictions (Figures 11-12). Contrary to the description of a small scaled modernist temple, some of the exterior results included brutal imagery, whereas some referenced to different architectural styles (Figure 11). It should be noted that the semiotic analysis, which took place in the first phase of the study, was made manually. The prompts were created according to the generator’s syntax

rules. Therefore, each prompt was adapted to the tool at some point in the creation. Consequently, the results showed different aspects according to the AI text-to-image tool's machine learning algorithm and syntax rules.

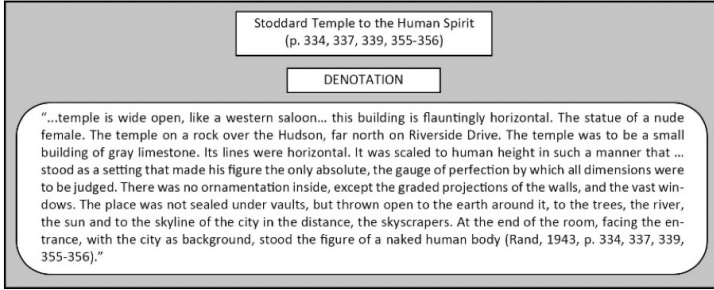


Figure 10: The denotation descriptions of "The Stoddard Temple to the Human Spirit"

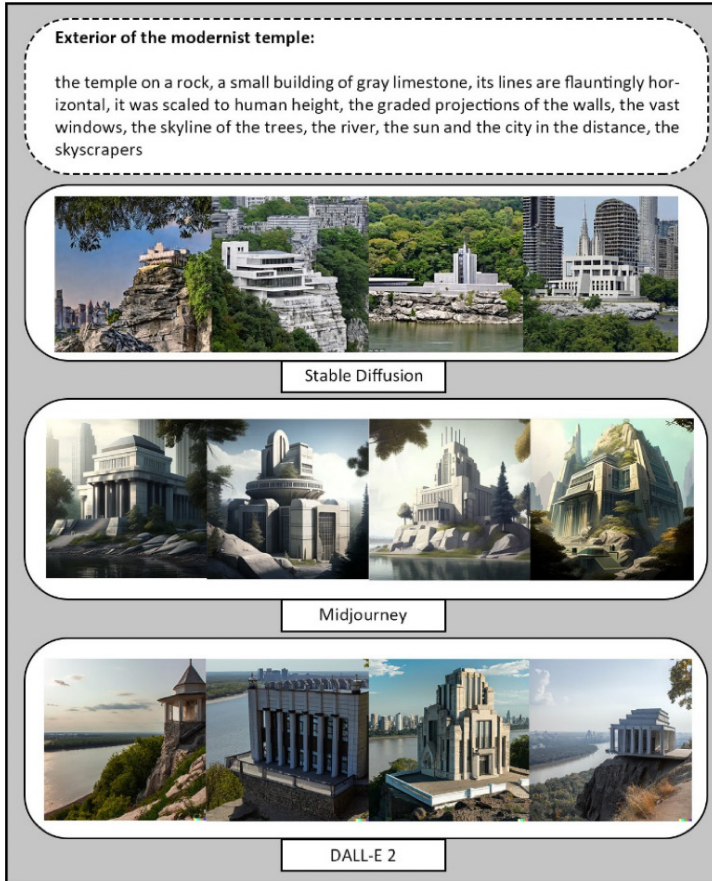


Figure 11: The denotation results of the exterior "The Stoddard Temple to the Human Spirit"

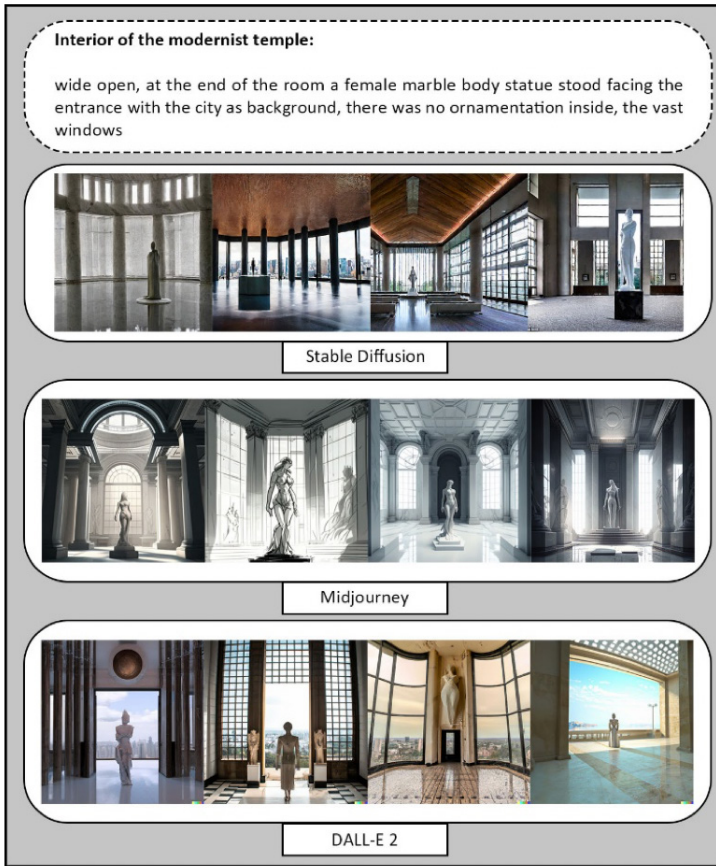


Figure 12: The denotation results of the interior “The Stoddard Temple to the Human Spirit”

4. CONCLUSION

The architectural environment is experienced through the sequence of views by numerous people rather than a single image or point of view of one. The scene is a concept of space in that people interact within a defined timeline gathered with a collection of views. The architects are considered the storytellers who use different media to generate meaningful stories with the guidance of the spatial atmospheres. The contemporary architects' vision is to create storylines of the buildings' life phases beforehand and also make the stories to decide a constructed image of the building at the end.

In the educational dimension, students imagine the context, user, and scenario relations in creating or reconstructing the storyline and, as a result, the spatial

representations. The narrative approach in architecture education can also indicate an adaptive sequence. The stories can reveal their inspirational potential when creatively used in other media. The architectural design phases can be understood as narrative approaches with the discovery of various representation methods. Literary products, movies, and digital games can be considered as ways of understanding the sequence of the scenes in a meaningful order. As the mentioned technologies and the production tendency towards machine learning algorithms increase, the relation between narrative and spatial design thinking can be augmented.

The storytelling feature of the literary media sequences differs from other interactive media or physical and non-narrative media to enable the mind to complete the missing parts, create new meaningful connections and imagine the creation of conceptual ideas in a more constructed environment. Experiments to discover the spatial potentials of the text and fiction go back to the OuLiPo Group and continue with today's artificial intelligence technologies. In this study, the semiological research of linguistics is adopted as a structuralist activity to reconstitute the relations of the units in the selected literary corpus. Barthes (1964/1967) also signified the systems of objects, images, or behavior patterns distinct from the pure state of language. From that point of view, the other systems of language can be analyzed for creative experiments in future studies.

The novel by Ayn Rand, "The Fountainhead," a manifestation of objectivism philosophy and a modernistic view of architecture utilized as a case study for a storytelling method of architectural design thinking. The book is selected as an example of an intersection between the narrative of architectural atmosphere and buildings' physical and tactile feature descriptions. It is aimed to unfold hidden or distinct meanings by a semiotic analysis of connotation and denotation descriptions in the book. The visual outcomes of the process demonstrated that the literary products and the visual prompt generator could be combined with a detailed semiotic analysis to uncover the sequential visual data that is different from minds who directly read the textual descriptions. The abstract and conceptual results and hidden meanings from the connotation analysis can lead to unleashing the development of design thinking. The denotation analysis's more concrete and accurate structures can guide the storytelling approach seen from the multitude of visual images from this phase. One of the results from those experiments was the assembly of the two different perspectives of connotation and denotation readings which could strengthen the visual narration. The visual outputs from the artificial generators indicate

stable images from the semiotically analyzed descriptions from the selected book. External machine learning algorithms or generators can further develop the sequential quality of those single images to create a storyline.

The previous approaches in architectural studios implemented whether metaphors or descriptions from text to spatial design. The main difference suggested by our study is deciphering the text into connotation and denotation layers to have more control over the autonomous process and the results of artificial intelligence generators. With the guidance of the numerous artificial intelligence outputs, the architecture studio's inspirational, conceptual or end-product narrative phases can be augmented. Therefore, "The Fountainhead" study demonstrates an example of a united artificial aided narrative design process.

This study showed a huge unexplored potential for story-telling AI in architecture as a human-machine system. The semiotic analysis utilized in the study facilitated human-machine co-creation. The advantages, limitations, and comparison of three widely-known text-to-image generators were also revealed in our work based on the results. Although these tools are still emerging, the developments indicate that soon, AI interfaces can automatically transform the literary story into visual sequences and thus gain the ability to create narratives. Some tools have already started to generate comics, visual stories, and elements for the metaverse and game engines (Fotedar et al., 2020). The next stage of development seems to be the human-machine co-creation of architectural designs not only visually, but with all the underlying discussions and discourses which make architecture a profound way of story-telling.

REFERENCES

- Akçay Kavakoglu, A., Almac, B., Eser, B. & Alacam, S. (2022). AI Driven Creativity in Early Design Education – A pedagogical approach in the age of Industry 5.0, Proceedings of the 40th International Conference on Education and Research in Computer Aided Architectural Design in Europe, Vol.1, .133–142.
- Barthes, R. (1967). *Elements of semiology* (A. Lavers & C. Smith, Trans.). (p. 89). New York, NY: Hill and Wang. (Original work published 1964)
- Bilir, S., & Yıldız, P. (2020). A Spatial Translation on the Text of Raymond Queneau's "Exercises in Style". *ICONARP International Journal of Architecture and Planning*, 211-240.
- Chaillou, S. (2019). AI & architecture. In As, I., & Basu, P. (Eds.). *The Routledge companion to artificial intelligence in architecture* (Vol. 1, pp. 420-441). Routledge, Taylor & Francis Group.

- Chen J. & Stouffs Z. (2021). From exploration to interpretation - adopting deep representation learning models to latent space interpretation of architectural design alternatives. In A. Globa, J. Van Ameijde, a. Fingrut, N. Kim, T.T.S. Lo (Eds.), PROJECTIONS - Proceedings of the 26th CAADRIA Conference - Volume 1, the Chinese University of Hong Kong and Online, Hong Kong, 131–140, CUMINCAD URL http://papers.cumincad.org/cgi-bin/works/paper/caadria2021_038
- Coates, N. (2012). Narrative architecture. John Wiley & Sons.
- Cullum-Swan, B. E. T. S., & Manning, P. (1994). Narrative, content, and semiotic analysis. *Handbook of Qualitative Research*, 463-477.
- Dhariwal, P., & Nichol, A. (2021). Diffusion models beat gans on image synthesis. *Advances in Neural Information Processing Systems*, 34, 8780-8794.
- Eco, U. (1979). *A theory of semiotics* (Vol. 217). Indiana University Press.
- Emmons, P., Feuerstein, M. F., Dayer, C., & Phinney, L. (Eds.). (2017). *Confabulations: Storytelling in architecture*. London: Routledge.
- Fotedar, S., Vannisselroij, K., Khalil, S., & Ploeg, B. (2020). Storytelling AI: A Generative Approach to Story Narration. In *AI4Narratives@ IJCAI* (pp. 19-22).
- Goodfellow, P. A., Mirza, X., & Warde-Farley, O. (2014). Goodfellow I. Pouget-Abadie J., Mirza M., Xu B., Warde-Farley D., Ozair S., Courville A., Bengio Y., Generative adversarial nets, *Advances in Neural Information Processing Systems*, 27.
- Hisarlıgil, B.B. (2012) “Franz Kafka in the Design Studio: A Hermeneutic-Phenomenological Approach to Architectural Design Education”, *International Journal of Art & Design Education*, Vol 31:3, 256-264.
- Huang, J., Johanes, M., Kim, F. C., Doumpiotti, C., & Holz, G. C. (2021). On gans, nlp and architecture: Combining human and machine intelligences for the generation and evaluation of meaningful designs. *Technology| Architecture+ Design*, 5(2), 207-224.
- Luo, Z., & Huang, W. (2022). FloorplanGAN: Vector residential floorplan adversarial generation. *Automation in Construction*, 142, 104470.
- McDrury, J., & Alterio, M. (2003). *Learning through storytelling in higher education: Using reflection & experience to improve learning*. London, England: Kogan.
- Nauata, N., Chang, K. H., Cheng, C. Y., Mori, G., & Furukawa, Y. (2020). Housegan: Relational generative adversarial networks for graph-constrained

- house layout generation. In *Computer Vision–ECCV 2020: 16th European Conference, Glasgow, UK, August 23–28, 2020, Proceedings, Part I 16* (pp. 162-177). Springer International Publishing.
- Öztürk, S. D., & Kuloğlu, N. (2017). Designing the Place via Text: Imaginary Places in Design Studio. *Gazi University Journal of Science Part B: Art Humanities Design and Planning*, 5(4), 13-26.
- Psarra, S. (2009). *Architecture and Narrative: The formation of space and cultural meaning*. Routledge.
- Queneau, R. (2013). *Exercises in Style*. New Directions, NY. (Original work published 1947)
- Read, A. G. (1998). OuLiPo, Architecture, and the Practise of Creative Constraint. In *86th ACSA Annual Meeting and Technology Conference* (pp. 190-194).
- Radford, A., Kim, J. W., Hallacy, C., Ramesh, A., Goh, G., Agarwal, S., ... & Sutskever, I. (2021). Learning transferable visual models from natural language supervision. In *International conference on machine learning* (pp. 8748-8763). PMLR.
- Şenyiğit, Ö. (2021). Production of Representative Spaces in Architectural Education through Instrumentalization of the Concepts of Ekphrasis and Hermeneutic . *Eğitimde Nitel Araştırmalar Dergisi* , 9 (1) , 287-301
- Saussure, F. M. (2011). *Course in general linguistics*. Columbia University Press. (Original work published 1916)
- Schreen, O. (2016). Why great architecture should tell a story | Ole Scheeren TED Talk. <https://www.youtube.com/watch?v=iQsnObyii4Q>
- Sun, J., Wu, W., Liu, L., Min, W., Zhang, G., & Zheng, L. (2022). WallPlan: synthesizing floorplans by learning to generate wall graphs. *ACM Transactions on Graphics (TOG)*, 41(4), 1-14.
- Taşhoğlu, M. (2018). *Cybernetic space experiences (517720)* [Master thesis, Istanbul Technical University]. Yök Tez Merkezi.
- Wu, A. N., Stouffs, R., & Biljecki, F. (2022). Generative Adversarial Networks in the built environment: A comprehensive review of the application of GANs across data types and scales. *Building and Environment*, 109477.
- Zhao, L., Mo, Q., Lin, S., Wang, Z., Zuo, Z., Chen, H., ... & Lu, D. (2020). Uctgan: Diverse image inpainting based on unsupervised cross-space translation. In *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition* (pp. 5741-5750).

XVII. MİMARLIKTA SAYISAL TASARIM ULUSAL SEMPOZYUMU
MSTAS 2023

DEVİNİM

DEĞİŞİM

DÖNGÜ

ÇALIŞTAYLAR

Temel Tasarım ve Sanal Gerçeklik

Basic Design and Virtual Reality

DİLARA ERDOĞAN¹, NURAY BENLİ YILDIZ²

^{1,2}Düzce Üniversitesi

¹mim.dilaraerdogan@gmail.com

Temel tasarım dersi mimarlık fakültesinde mimari tasarıma bir giriş dersi olarak kurgulanır. Bu kurguda öğrenciler tasarımın temelini oluşturan kavramları irdeler. Bu bağlamda temel tasarım ilkeleri ile sistematik bir kurgu oluşturma sürecinde soyut düşünceleri somut hale getirir. Tasarım dilini oluşturarak mekân üretme sürecine sanal gerçeklik dahil edilerek sanal maketler üretilip hiyerarşi, doluluk boşluk kavramları çerçevesinde sanal ortamda sanal gözlükler ile temel tasarım çalışması yapılacaktır.

ÇALIŞTAY PROGRAMI:

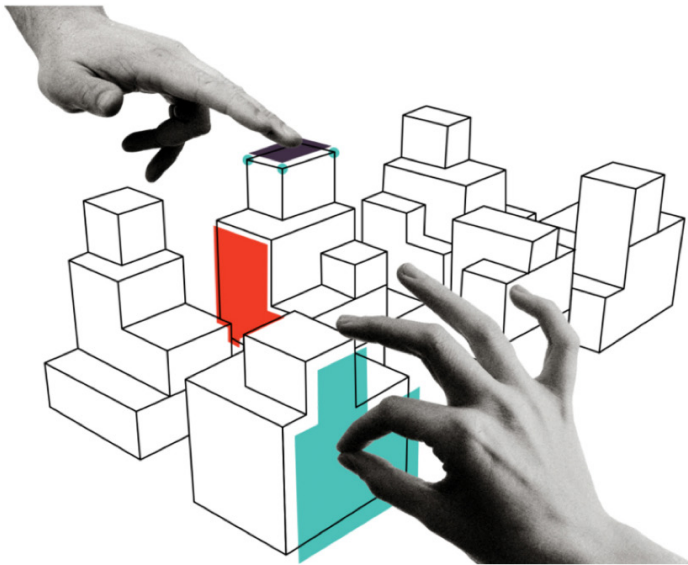
17 Haziran

13.00-13:20 Tanışma

13:20-13:40 Sunum

14.00-18.00 Uygulama Aşaması

18:00-18:30 Sunuş ve Sergi



Yapay Zekâ ve Mimarlık

Artificial Intelligence and Architecture

MOHAMED AHMED MOHAMED ABDELLATIF KHALİL
Tifa Studio
muhammad.abdullatef@gmail.com

Bu çalıştay, mimarlık öğrencilerine yapay zekâ konusunda kapsamlı bir giriş sunmayı hedeflemektedir. Yapay zekâ, mimarlık sektöründe yeni fırsatlar ve yenilikçi tasarım yaklaşımları sunmaktadır. Bu çalıştayda, katılımcılar yapay zekâ teknolojilerinin mimarlık pratiğindeki potansiyelini keşfedecek, konuyla ilgili temel kavramları öğrenecek ve ilham verici projeler üzerinde çalışacaklardır.

ÇALIŞTAY PROGRAMI:

18 Haziran 11:00-13:00

Yapay Zekâ ve Mimarlık İlişkisi

Mimarlıkta Yapay Zekâ Uygulamaları

Yapay Zekâ ve Fikir Oluşturma Metotları

Uygulamalar (Midjourney, Firefly, Dall-E)

Tartışma ve Soru-Cevap



Source: Coorlaas Architecture

Sanal Gerçeklik Ortamında İşbirlikli Tasarım Collaborative Design in Virtual Reality

ÇAĞDAŞ DURMAZOĞLU¹, ŞEHNAZ CENANİ², ENNUR İNCESAKAL³

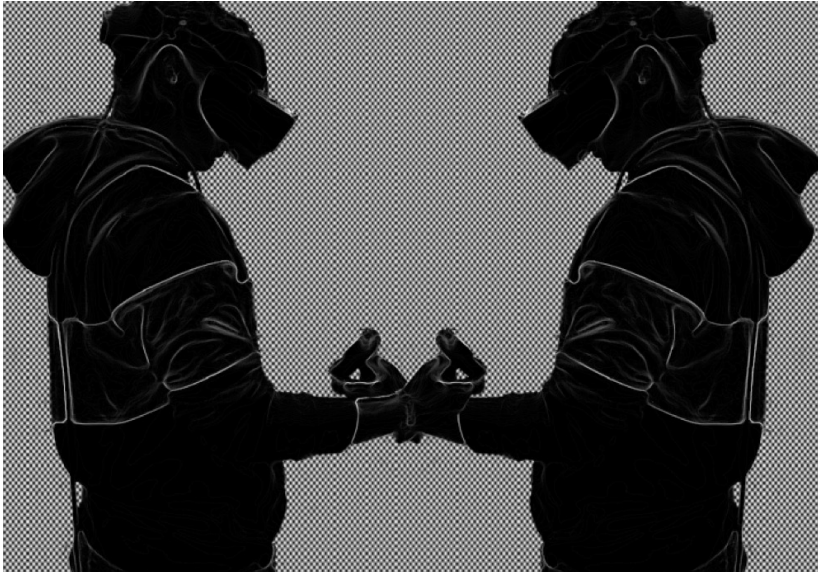
¹İstanbul Teknik Üniversitesi, ²İstanbul Medipol Üniversitesi, ³İstanbul Medipol Üniversitesi
¹cagdas.durmazoglu@gmail.com, ²sehnaz.cenani@gmail.com, ³incesakal@medipol.edu.tr

Bu çalıştayın amacı tasarım eğitimlerine lisans seviyesinde devam eden öğrencilerin sanal gerçeklik ortamında işbirlikli çalışma potansiyelinin incelenmesidir. Katılımcılar verilen mimari programa göre üçlü gruplar halinde sanal gerçeklik ortamında mekân tasarımı yapacaklardır.

ÇALIŞTAY PROGRAMI:

18 Haziran

- | | |
|-------------|---|
| 10:00-10:30 | Tanışma |
| 10:30-11:00 | Genişletilmiş Gerçeklik Üzerine Seminer |
| 11:00-12:00 | VR ile Tanışma |
| 12:00-13:00 | Öğle Arası |
| 13:00-15:00 | Tasarım Egzersizi |
| 15:00-16:00 | Sunuşlar ve Değerlendirmeler |



Topografik Yüzeyin Dijitalleşme Sürecindeki Dönüşümleri

Transformations of Topographic Surface in the Digitalization Process

ZÜLAL NURDAN KORUR¹, GÜLİZ SEVGİ KABASOĞLU²

^{1,2}İstanbul Medipol Üniversitesi

¹znkorur@medipol.edu.tr, ²gskabasoglu@medipol.edu.tr

Bu çalıştay doğal topografik parçanın yapay dijital bir yüzeye dönüşüm sürecinde ortaya çıkan mekânsal potansiyellerle programın belirlediği anlamsal olasılıkların kesiştirilmesi üzerinden yorumlanmasına odaklanmaktadır. Bu kapsamda geometrik dönüşümler, topografyanın uzantısının alınması, katmanların çoğaltılması, ağların esnetilmesi gibi operasyonel yaklaşımları Rhino ortamında kullanmayı gösterecektir.

ÇALIŞTAY PROGRAMI:

17 Haziran

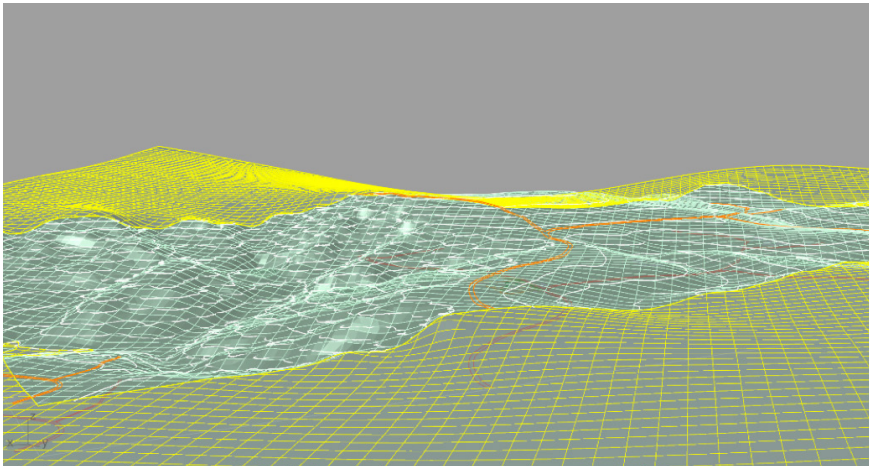
10:00-13:00 Konunun Açıklanması ve Sunumlar

14:00-18:00 Tasarım Fikri Üzerine Eskizler

18 Haziran

10:00-16:00 Tasarım Geliştirme

16:00-18:00 Sunuş ve Sergi



Genetik Algoritmalar ile Form Alternatifleri Üretimi

Generation of Form Alternatives with Genetic Algorithms

ERENALP SALTIK
İstanbul Medipol Üniversitesi
erenalp.saltik@medipol.edu.tr

Bu çalıştayın amacı lisans seviyesindeki öğrencilerin hesaplamalı tasarımın avantajlarından olan verilere dayalı analiz ve tasarım alternatifleri üretme potansiyellerini deneyimlemesidir. Katılımcılar Rhino ortamında üretilen basit kütsel formların Ladybug eklentisi ile güneş ışınımı analizini yapacak, Wallacei eklentisi ile genetik algoritmalar kullanarak istenilen koşulları sağlayan form alternatifleri üretecektir.

ÇALIŞTAY PROGRAMI:

17 Haziran

10:00-10:30 Tanışma

10:30-11:00 Eklentilerin Yüklenmesi

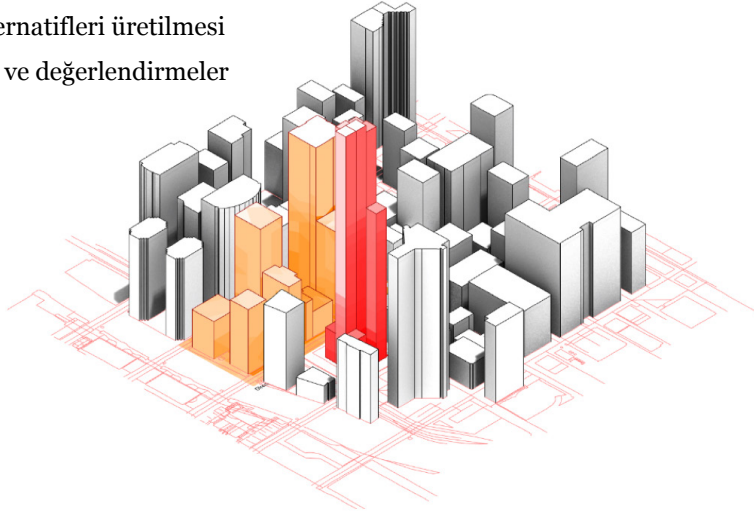
11:00-12:00 İlk formların oluşturulması

12:00-13:00 Öğle arası

13:00-15:00 Güneş ışınımı analizi

15:00-17:00 Form alternatifleri üretilmesi

17:00-18:00 Sunuşlar ve değerlendirmeler



BIM ve Analiz

BIM & Analysis

TAHIR AKKOYUNLU
İstanbul Medipol Üniversitesi
takkoyunlu@medipol.edu.tr

Bu çalıştay BIM sürecinin yapı tasarım evresinde yapılması planlanan analizlerde nasıl kullanılacağına odaklanmaktadır. Bu doğrultuda Autodesk Revit, Insight, Navisworks ve Infracore programları kullanılarak; güneşiği, gölge, topografik eğim ve yaya trafiği gibi analizler yapılacaktır.

ÇALIŞTAY PROGRAMI:

17 Haziran 2023 11:00-15:00

Teori ve sunum

Heckathon



MSTAS 2023

XVII. MİMARLIKTA SAYISAL TASARIM ULUSAL SEMPOZYUMU BİLDİRİ KİTABI

17-20 HAZİRAN 2023

Devinim.Değişim.Döngü

Doğadaki devinim değişimleri oluştururken bu değişimler sonucunda yeni bir dengeye ulaşım süreci ortaya çıkar ve bu süreç sürekli bir döngü halindedir. Böylesi bir döngüsel sürecin parçası olan dördüncü endüstri devrimi, insanlık tarihindeki önemli dönüm noktalarından biri olarak tüm disiplinlerde olduğu gibi mimarlık alanında da çevresel, ekonomik ve sosyal değişimleri beraberinde getirmiştir ve denge arayışı sürecinde sürdürülebilirlik kavramının yeniden ele alınmasının önünü açmıştır. Şehirleşmeyle üretim ve tüketim merkezleri değişirken iklim tarafsızlığına ulaşmak için düşük karbonlu şehirlerin tasarlanması, döngüsellik ve sera gazı emisyonlarının azaltılması arasındaki etkileşimin hızlandırılması gerekmektedir. Dünyadaki karbon emisyonlarının büyük bir bölümü endüstri, ulaşım ve binalardan kaynaklanmakta, hesaplamalı tasarım sistemleri gelişen teknolojiler aracılığıyla uzaktan iş birliği oluşturulmasına yeni olanaklar sunmakta ve karbon emisyonlarını azaltma konusunda sürdürülebilirlik açısından ek avantajlar sağlamaktadır. Geleceğin ekolojik problemlerinin ele alınması sırasında yeni iş birlikleri oluşturmak için farklı tasarım disiplinlerine önemli sorumluluklar düşmektedir. Bu bağlamda, Birleşmiş Milletler ve ortakları, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'na ulaşılması amacıyla insanların karşı karşıya kaldığı ana sorunların çözümü için çalışmaktadır. Yapılı çevrede döngüsel ekonomi ve iklim değişikliğine uyum ile ilişkili bir eylem planının uygulanması, karar vericilerin sürdürülebilir kalkınmayı ve çevreci politikaları desteklemesi ve geliştirilmesine katkı sunması, tasarımda akıllı ve sürdürülebilir malzemelerin kullanımı, sıfır enerjili yapı ve şehirlerin tasarlanması ve bu konuları destekleyen tasarım modellerinin geliştirilmesi son derece önemlidir. XVII. Mimarlıkta Sayısal Tasarım Ulusal Sempozyumu (MSTAS 2023), toplumların karşılaştığı günümüzün sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik ile ilgili sorunlarının ve potansiyellerinin hesaplamalı tasarım yöntemleri ile değerlendirilmesine odaklanmaktadır.



MEDIPOL
UNV-YAYIN

MEDIPOL UNIVERSITY PRESS

